



مجلة أكاديمية الجبيل للعلوم الأساسية والتطبيقية

Volume: 3

Issue: 1

2025

Al-jabal Academy journal of Pure and Applied Sciences



Publisher

Al-Jabal Academy Journal of Pure and Applied Sciences

Peer-reviewed scientific journal, Volume Three, Issue One, 2025

**Published by Libyan Academy of Higher Studies, Al-Jabal Al-Akhdar
Branch, Al-Bayda, Libya**

EDITORS & STAFF

Editor-in-Chief

Monier A. Sharif

Omar Al-Mukhtar University, Libya

Editors

Najah Sulayman Abdallah

Omar Al-Mukhtar University, Libya

Anis Ibrahim Fadil

Omar Al-Mukhtar University, Libya

Abdulsalam Elfowiris

Libyan Academy for Postgraduate Studies, Al-Jabal Al-Akhdar Branch

Jalal Muhamad Aabdalqadir

Omar Al-Mukhtar University, Libya

Ismaeil Ibrahim Fuday

Libyan Academy of Higher Studies, Al-Jabal Al-Akhdar Branch

Abdalkhaliq Atiat Idris

Libyan Academy of Higher Studies, Al-Jabal Al-Akhdar Branch

Al-Jabal Academy Journal of Pure and Applied Sciences

3: (1), 2025

Papers	Pages
<p align="center">Prevalence and Use of Non-Pharmacological Home Remedies in Eastern Libya: A Cross-Sectional Survey</p> <p>Muhammad A. Alkerimi Taher I. Shailabi Salma M. Shalouf Aya M. Alzalawi Salma A. Abdulwanis Amnnah M. Ramadhan Ayah M. Aboudhawi</p>	1-15
<p align="center">Antifungal Activity of <i>Mentha Piperita</i> Ethanolic Extract against <i>Candida albicans</i> and Synergistic Potential with Diclofenac Sodium</p> <p>Ahlam M. Keshar Salwa A. Eltawaty Ahmed S. Kabbashi</p>	16-23
<p align="center">The Impact of Anabolic-Androgenic Steroid Abuse on Fertility Hormones of Male Bodybuilders</p> <p>Mohamed Omar Abdulhamid Abdulsalam Elfowiris</p>	24-32
<p align="center">Environmental impacts on the growth of medicinal and aromatic in Al Jebel Akhdar and strategies for their conservation</p> <p>Lamya F. A. El-jalel Hameda Moftah Sarah Jummah Fadheel</p>	33-49
<p align="center">The Effect of Tamarisk Plant Powder on the Properties of Cement Mortar</p> <p>Omar R. Al-Zarrouq Taha Ali Bukhairallah Basit M. Bouhourish Mohammed F. Jbreil</p>	50-58
<p align="center">The Effect of Temperature on Cement Mortar Incorporating Tamarisk as A Partial Cement Substitute</p> <p>Omar R. Al-Zarrouq Mohammed F. Jbreil Taha Ali Bukhairallah</p>	59-68
<p align="center">and Studying Methods to Rehabilitation it and mitigate its Negative effects</p> <p>Gasem A. B. Mohamed Basit M. S. Ahwerish</p>	69-82

Prevalence and Use of Non-Pharmacological Home Remedies in Eastern Libya: A Cross-Sectional Survey

Muhammad A. Alkerimi^{1*}, Taher I. Shailabi², Salma M. Shalouf¹, Aya M. Alzalawi¹, Salma A. Abdulwanis¹, Amnah M. Ramadhan¹ and Ayah M. Aboudhawi¹

¹Department of Pharmacology and Toxicology, Faculty of Pharmacy, Derna University, Libya.

²Department of Pharmacology and Toxicology, Faculty of Pharmacy, Omar Al-Mukhtar University, Libya.

Received: 25 January 2025/ Accepted: 22 April 2025

DOI: <https://doi.org/10.58309/4r35w234>

Keywords:	ABSTRACT:
Non-pharmacological Home remedies Primary care Eastern Libya.	Non-pharmacological home remedies (NPHRs) have the potential to be readily accessible and widely accepted for the management of common disorders in primary care settings. This study aimed to investigate the prevalence and use of NPHRs in Eastern Libya. A self-administered questionnaire was disseminated to Eastern Libya's general population from February to July 2024, examining their knowledge, experience, health status, motivations for use or non-use, awareness, perception, and commonly used home remedies and herbs. The study included 637 participants, comprising 64.7% females and 35.3% males. NPHR use was prevalent (62.8%), and knowledge was mainly provided by parents (48.3%) and herbalists (28.0%). Only 27.5% consulted healthcare professionals regarding herbal remedies. While 36.8% knew of side effects or toxicity, 2.3% reported adverse effects. The prevalence of NPHRs in Eastern Libya highlights their cultural importance in primary health care. Future research should assess the efficacy and safety of these remedies and consider their integration into conventional medicine for more comprehensive patient care.

انتشار واستخدام العلاجات المنزلية غير الدوائية في شرق ليبيا

محمد عبدالباري الكريمي¹، طاهر شيلابي²، سلمى شلوف¹، آية الزلاوي¹، سالمة عبد الونيس¹، امنة رمضان¹ و آية ابوضاوي¹
¹ قسم علم الأدوية والسموم، كلية الصيدلة، جامعة درنة، ليبيا؛ ² قسم علم الأدوية والسموم، كلية الصيدلة، جامعة عمر المختار، ليبيا

المستخلص:	الكلمات المفتاحية:
تتمتع العلاجات المنزلية غير الدوائية بإمكانية الوصول إليها بسهولة وقبولها على نطاق واسع لإدارة الاضطرابات الشائعة في بيئات الرعاية الأولية. هدفت هذه الدراسة إلى التحقيق في انتشار واستخدام العلاجات المنزلية غير الدوائية في شرق ليبيا. تم توزيع استبيان ذاتي على عامة السكان من فبراير إلى يوليو 2024، لفحص معارفهم وخبراتهم واستخدامهم الاجتماعي وحالتهم الصحية ودوافعهم للاستخدام أو عدم الاستخدام والوعي والإدراك والعلاجات المنزلية والأعشاب المستخدمة بشكل شائع. شملت الدراسة 637 مشاركاً، منهم 64.7% من الإناث و35.3% من الذكور، وكان استخدام العلاجات المنزلية غير الدوائية سائداً (62.8%)، وتم توفير المعرفة بشكل أساسي من قبل الوالدين (48.3%) وأخصائيي الأعشاب (28.0%). ولم يستشير سوى 27.5% من المتخصصين في الرعاية الصحية فيما يتعلق بالعلاجات العشبية. في حين أن 36.8% كانوا على علم بالآثار الجانبية أو السمية، أبلغ 2.3% عن آثار ضارة.	العلاجات المنزلية غير الدوائية، الرعاية الأولية، شرق ليبيا.

*Corresponding author: E-mail addresses m.algeballi@uod.edu.ly

INTRODUCTION

Herbal medicines include vitamins, minerals, herbs, and plant extracts, which are used for their aromatic, flavor, and therapeutic properties. Their global use has increased significantly, with many individuals managing various health conditions (El-Dahiyat et al., 2020). These preparations address numerous health issues, including preventing and treating dyslipidemia, hypertension, diabetes, cancer, and inflammatory bowel disease (Alamgir and Alamgir, 2018).

Traditional and complementary medicine has seen a global resurgence and increased demand in recent decades. It includes diverse practices, knowledge, and beliefs about various drugs and therapies for treating, diagnosing, preventing, and maintaining health. Herbal medicine, a plant-based method, has long been used to treat numerous diseases (Bekele et al., 2024).

Despite advancements in modern medicine (Zheng and George, 2018), traditional medicine (TM) and nonpharmacological home remedies (NPHR) remain common worldwide. In 2018, the World Health Organization (WHO) noted that 88% of 194 member states reported using traditional, complementary, and alternative medicines (Organization, 2019). Herbal medicine use is rising in developed countries, for instance the United States, and has stabilized in developing countries, coexisting with modern medicine, even in urban areas (Rashrash et al., 2017, Van An del and Carvalho, 2013). The COVID-19 pandemic has increased awareness and use of NPHR (Lam et al., 2021). Although traditional herbal medicine is beneficial for treating COVID-19 (Aprilio and Wilar, 2021), its use outside modern medical systems indicates that it may substitute for quality health care, raising concerns about self-medication with herbal medicines (Oberoi et al., 2016, Widayanti et al., 2020).

Humans have historically relied on natural resources for medicine, habitation, food, fragrances, clothing, flavorings, fertilizers, and transportation. Medicinal plants remain crucial in healthcare, particularly in developing countries with a strong tradition of herbal remedies (Dar et al., 2017). Herbal remedies have long been used for the treatment of various ailments (Izah et al., 2024). The transmission of traditional knowledge about medicinal plants is vital for health, particularly in rural or remote communities that lack sufficient health care facilities (Da Silva et al., 2023).

Globally, researchers have shown increased interest in plant-derived alternatives across various industries, such as medicinal products, pharmaceuticals, dietary supplements, wellness items, beauty products, and functional foods, owing to their potential safety, cost-effectiveness, and efficiency compared to traditional options (Ahmed et al., 2023, Vlaicu et al., 2023, Mittal et al., 2024). The World Health Organization (WHO) has reported that over 21,000 plant species have potential medicinal properties. Numerous studies have shown that medicinal plants contain bioactive compounds that are responsible for their therapeutic benefits and biological activities (Majolo et al., 2019, Banwo et al., 2021, El-Saadony et al., 2023).

In North Africa, many wild plant species show significant promise for medicinal and biotechnological uses. Globally, more than 70,000 plant species are known to have medicinal properties or are employed in traditional ethnotherapeutic practices. (Abogmaza et al., 2020a). Similar to other cultures, Libyan culture partially depends on indigenous medicinal plants to treat various ailments. For millennia, Green Mountain (Al-Jabal Al-Akhdar) inhabitants in Cyrenaica, Libya, have used native medicinal plants, creating a rich tradition of herbal medicine that has passed down through generations. Libyan medicinal plants contain active compounds that are effective against microbial infections, inflammation, cancer, and diabetes (Kollab and Alamen, 2018, El-Mokasabi et al., 2018a). Table (1) and Figure (1) show the commonly cultivated plants and trees in various Libyan regions. This study aimed to investigate the prevalence and use of non-

pharmacological home remedies in Eastern Libya.

Table 1: Traditional medicinal plants growing in Libya:

Scientific name	Common names	Arabic names	Traditional Uses	Biological Properties	References
<i>Ane-thum graveo-lens</i> L.	Dill	الشبت	Digestive disturbances, insomnia and urinary infections.	Insecticidal, antimicrobial, anti-inflammatory, anticancer and antidiabetic activities.	(Hamza, 2017, Abogmaza et al., 2020b)
<i>Pelargoni-um graveo-lens</i> L'Her.	Rose geranium	العطر	Various kinds of inflammatory diseases.	Diarrhea, diabetes, gall bladder, inflammation, liver, and gastric ulcer.	(Ennaifer et al., 2020)
<i>Aca-cia saligna</i> (Labill.)	Blue-Leaf Wattle	سنط الإكليل الذهبي	Cracks of feet and hands, Abscess and Constipation.	Antioxidant, antibacterial, antifungal and anticancer activities.	(Elansary et al., 2020, El-Mokasabi et al., 2018b)
<i>Punica granatum</i> L.	Pomegranate	الرمان	Anti-tapeworms, diarrhea, dysentery and hemorrhages.	Antioxidant, antibacterial, antifungal, anticancer, liver problems and allergies activities.	(Singh et al., 2018, Yahya et al., 2018)
<i>Anastati-ca hierochu-nica</i> L.	Rose of Jericho	كف مريم	Labor pain, menstrual cramps and uterine hemorrhage.	Antioxidant, antimicrobial, hypoglycemic and hypolipidemic effects.	(Zin et al., 2017, Abd El-Ghani et al., 2017)
<i>Vibur-num tinus</i> L.	Laurustinus	لوراستينوس	Gastritis and anti-inflammatory.	Neuroprotective, antioxidant, diuretic, antispasmodic and sedative properties.	(Cometa et al., 1998, Yılmaz et al., 2013)
<i>Olea euro-paea</i> L.	Olive	الزيتون	Heart disease, anti-diabetic and anti-cancer activities.	Antioxidant, antidiabetic, cardioprotective and anti-inflammatory activities.	(Zern and Fernandez, 2005, Maalej et al., 2017)
<i>Trigonel-la foenum-graecum</i> L.	Fenugreek	الحلبة	Anti-diabetic and digestive disturbances.	Anti-inflammatory, cholesterol lowering, antidiabetic, liver disorder and as an anti-fertility agents.	(Kadam and Technology, 2018)
<i>Scabi-osa arenaria</i> Forssk	Scabiosa arenaria Forssk.	–	Anti-diabetic and respiratory problems.	Antidiabetic, bronchial pneumonia, bronchitis, influenza and asthma.	(Kılınç et al., 2020)
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Rosemary	اكليل الجبل	Otitis, auricular, liver, dermatoses, cough cold, and asthma.	Antioxidant, anticancer, anti-inflammatory and antimicrobial activities.	(Mena et al., 2016)
<i>Artemi-sia herba-alba</i>	Desert Wormwood	لشيج	Ant tapeworms, diarrhea, and digestive disturbances.	Antinociceptive, antiviral, antidiabetic, anticancer, antibacterial and antioxidant	(Bellili et al., 2017)



Figure 1: Medicinal and Aromatic Plants growing in Libya and North Africa.
MATERIALS AND METHODS

Study area and period: This cross-sectional survey, conducted from February to July 2024, used a self-administered questionnaire targeting the general population in the Eastern Libyan municipalities of Benghazi, Al Marj, Al Jabal Al Akhdar, Derna, and Al Butnan (Figure 2).

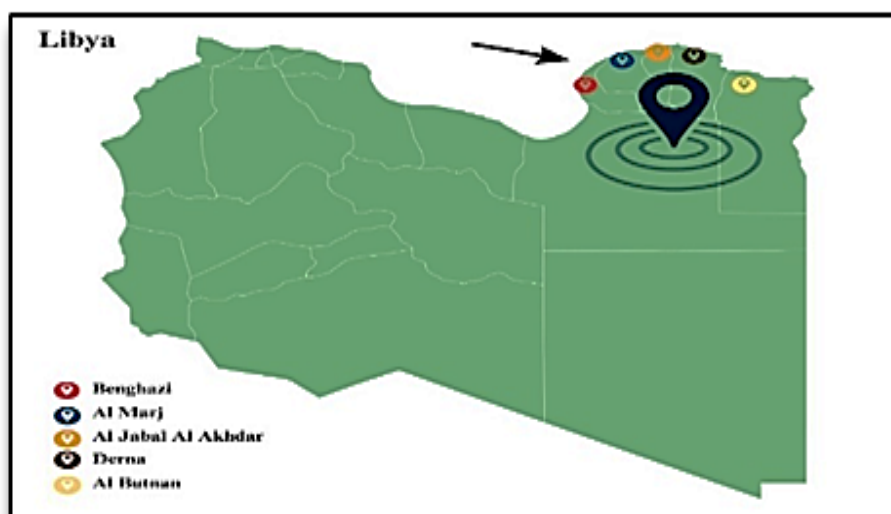


Figure 2: Map of the study area.

Study design and data collection: A self-administered paper questionnaire was distributed using two methods: direct participant completion approached opportunistically by a researcher in various public locations (shopping malls, universities, schools, hospitals, health centers, workplaces, and corporate offices) and via an electronic link on the Internet. After data collection, 637 out of 650 questionnaires were analyzed, and 13 were excluded because of response inaccuracies.

Sample size determination: The sample size was determined using by KREJCIE and MORGAN (1970). Based on the original population size of 1,386,266 from the latest 2006 census, a sample of 650 participants was selected. Stratified sampling distributed participants across geographical areas (Benghazi, Al Marj, Al Jabal Al Akhdar, Derna, and Al-Butnan) with sample sizes of 316, 87, 97, 76, and 74, respectively (Cochran, 1977).

Data processing and analysis: Descriptive analysis was performed using IBM SPSS Statistics 26 for data entry and analysis and Microsoft Office Excel 2016 for graphical representation, with frequencies and percentages calculated for the relevant variables. Inferential statistics, including chi-squared tests, assessed relationships, and statistical significance among variables. These findings are derived from the interpretation of the statistical indicators.

RESULTS AND CONCLUSION

The findings of the present investigation offer significant insights into the health status, medication utilization, and employment of herbal and home remedies within the studied population. The high prevalence of self-reported "Excellent" or "Good" health status, in conjunction with the relatively low usage of multiple medications, indicates a generally healthy population.

Distribution of sociodemographic characteristics:

Existing research indicates that a high proportion of patients in primary care settings employ non-drug-based treatment approaches. (Parisius et al., 2014, Picking et al., 2011, Agbabiaka et al., 2018). The study surveyed 637 participants, comprising 412 females (64.7%) and 225 males (35.3%), (Table 2 and Figure 3). This distribution is comparable to that reported by Tolo et al. (2023), in which the respondents were predominantly females (62.5%). The preponderance of female participants reflects their primary role as caregivers, particularly for children. Furthermore, in regions lacking modern medical facilities, these women assume the responsibility of safeguarding their offspring from illnesses, necessitating their familiarity with the use of medicinal plants (Torres-Avilez et al., 2016). The responsibility for drying, storing medicinal herbs, and creating remedies for family healthcare often falls on women, which could explain this phenomenon. Most participants were under 30 years of age (48.4%), followed by those aged 30–60 years (43.2%), with only 8.5% over 60 years. The findings of our study align with those reported in ethnobotanical research conducted in other parts of Morocco (Bouyahya et al., 2017).

A substantial proportion of respondents had undergraduate education (70.6%), 11.9% had primary education or below, 10.7% had secondary education, and 6.8% held postgraduate qualifications. Similar findings have also been reported in other studies (Kachmar et al., 2021, Chaachouay et al., 2019). However, this finding does not preclude other age groups from possessing valuable knowledge about herbal remedies. Indeed, individuals with undergraduate education are expected to provide more reliable information because of their greater exposure to ancestral knowledge transmitted orally. Regarding residential distribution, the majority (49.0%) resided in Benghazi, followed by Al-Jabal Al-Akhdar (15.1%), Al-Marj (13.5%), Derna (11.3%), and Al-Butnan (11.1%). The majority of participants were Libyan nationals (96.9%), while a minority were non-Libyan nationals (3.1%). Approximately 46.3% of participants were employed, 25.0% were students, 16.0% were unemployed, 8.3% were self-employed, and 4.4% were retired. These sociodemographic characteristics indicate a predominantly young, educated, and employed cohort with substantial representation from various regions across the country, primarily comprising of Libyan citizens (Table 2).

Table 2: Distribution of the studied population according to sociodemographic characteristics (n=637):

Socio-demographic Characteristics (n=637)		Frequency	Percent (%)
Gender	Male	225	35.3
	Female	412	64.7
Age	Under 30	308	48.4
	30 to 60	275	43.2
	Over 60	540	8.50
Educational Status	Primary or lower	760	11.9
	Secondary	680	10.7
	Undergraduate	450	70.6
	Postgraduate	430	6.80
Place of Residence	Benghazi	312	49.0
	Al-Marj	860	13.5
	Al-Jabal Al-Akhdar	960	15.1
	Derna	720	11.3
	Al-Butnan	710	11.1
Nationality	Libyan	617	96.9
	Non-Libyan	200	3.10
Employment Status	Student	159	25.0
	Employee	295	46.3
	Retired	280	4.40
	Unemployed	102	16.0
	Self-employed	530	8.30

Health status and medication use among participants:

The health status of the participants exhibited variation: 35.3% reported excellent health, 44.9% reported good health, and 19.8% reported health issues. The most prevalent health conditions were diabetes (37.3%), hypertension or cardiovascular disease (30.2%), endocrine disorders (11.1%), respiratory problems (11.1%), renal disorders (4.0%), and other conditions (34.1%) (Table 3). This finding aligns with the results of Winkler et al. (2022), wherein the majority of participants reported regular utilization of home remedies primarily for preventive purposes.

Table 3: Health status and health issues treated with home remedies in the study population (N = 637):

Health		Frequency	Percent (%)
Health status	Excellent	225	35.3
	Good	286	44.9
	Some health issues	126	19.8
	Total	637	100
Health issues	Blood pressure or heart diseases	38	30.2
	Diabetes	47	37.3
	Endocrine disorders	14	11.1
	Kidney	05	04.0
	Respiratory system	14	11.1
	Other	43	34.1

The majority of participants reported regular medication use: 56.5% utilized one medication, 25.3% utilized two medications, 8.9% utilized three medications, and 8.3% used four or more medications. Only 0.9% of patients did not use any medication. Descriptive characteristics of the three latent classes are presented in Table 4.

Table 4: Frequency and percentage of medications taken by participants:

Do you take any medications?	Frequency	Percent (%)
0	006	0.9
1	360	56.5
2	161	25.3
3	057	8.9
4<	053	8.3
Total	637	100

Participant's expectations and reasons for the using (or not using) of NPHRs:

Most participants (62.8%) reported using NPHRs, whereas 37.2% did not. This finding suggests a high prevalence of herbal and home remedies among the surveyed population, with over 60% employing alternative healthcare methods (Table 5). This result is similar to that of Parisius et al. (2014), who found that approximately 42% of respondents used home remedies in Germany. Furthermore, a subsequent investigation by Winkler et al. (2021), demonstrated that 64.4% of participants incorporated home remedies into their health management strategies.

The primary motivations for using NPHRs were preventive health and illness avoidance (33.8%), complementary use of traditional medicine (21.5%), seeking alternatives to conventional treatments (13.3%), reducing the intake of traditional medications (12.8%), and avoiding the side effects of conventional medications (8.8%). A minor proportion employed herbal remedies for self-treatment without consulting a specialist (8.5%), whereas factors such as distrust of traditional medicine, difficulty in accessing healthcare, and high medication costs were cited less frequently (Table 5). This finding aligns with the results of Winkler et al. (2022), wherein the majority of participants reported regular utilization of home remedies primarily for preventive purposes.

The primary reasons for avoiding NPHRs included a preference for specialist physicians (43.9%), predilection for conventional medicine over herbal remedies (16.9%), and limited knowledge regarding herbal remedies (16.5%). Additional factors included perceptions of the inefficacy of herbal remedies (7.2%), accessibility of medical services (3.8%), and miscellaneous reasons (11.8%) among the surveyed population (Table 5).

Use of NPHRs or herbal remedies by sociodemographic characteristics:

The results indicated a statistically significant association between sex and use of herbal or home remedies. Notably, 66.5% of the female participants reported employing such remedies compared to 56.0% of the male participants. Conversely, 44.0% of males reported not utilizing these remedies, unlike 33.5% of females. This statistically significant difference suggests that female participants demonstrated a higher propensity to use herbal or home remedies than their male counterparts did (Table 6).

The results demonstrated a statistically significant correlation between age and the use of herbal or home remedies, with the usage increasing with age. Among participants under 30 years of age, 54.2% employed herbal or home remedies, whereas 45.8% did not. In the 30–60 years age group, 69.8% used these remedies and 30.2% did not. Among those over 60 years of age, 75.9% reported using herbal or home remedies and only 24.1% reported not utilizing them. This significant increase in usage with age indicates that older individuals are more inclined to utilize these remedies than are younger individuals (Table 6).

The results indicated no statistically significant association between the place of residence and

the use of herbal or home remedies. Utilization rates were comparable across various locations; 59.9% employed herbal or home remedies, whereas 40.1% did not. In Al Marj, 61.6% used such remedies and 38.4% did not. In Al-Jabal and Al-Akhdar, 70.8% employed them, whereas 29.2% did not. In Derna, 61.1% used these remedies and 38.9% did not. In Al Butnan, 67.6% employed them and 32.4% did not. Despite these variations, these differences were not statistically significant, suggesting consistent utilization of herbal or home remedies across geographic locations within the study area (Table 6).

A chi-square test was conducted to examine the association between employment status and utilization of NPHRs or herbal remedies. The results were as follows: Among the students, 50.3% (80 out of 159) used herbal or home remedies. Retired individuals exhibited a 60.7% (17 out of 28) utilization rate. Unemployed individuals demonstrated the highest utilization rate of 73.5% (75 out of 102). Self-employed individuals reported a 58.5% (31 out of 53) utilization rate. These findings indicated a statistically significant association between employment status and the use of herbal or home remedies, with the highest prevalence observed among unemployed individuals (Table 6).

Table 5. Participant's expectations and reasons for the using (or not using) of NPHRs:

		Frequency	Percent (%)
Do you use NPHRs?	Yes	400	62.8
	No	237	37.2
	Total	637	100
What is the reason for using NPHRs?	For preventive purposes and to avoid illness	135	33.8
	Because I can treat myself without visiting a specialist doctor	34	8.5
	As an alternative to traditional medicine	53	13.3
	To reduce the intake of traditional medications	51	12.8
	To avoid side effects of traditional medications	35	8.8
	Because I don't trust traditional medicine	11	2.8
	Due to difficulty accessing a treating doctor and obtaining a prescription	08	2.0
	As an additional and complementary treatment with traditional medicine	86	21.5
	Because of the high prices of medications in pharmacies	11	2.8
	Other reasons	55	13.8
	Total	479	100
What is the reason for not using NPHRs?	I don't know any type of herbal remedies	39	16.5
	I prefer using traditional medicine over herbal remedies	40	16.9
	I prefer visiting a specialist doctor	104	43.9
	I have easy access to medical services and don't need to take herbal remedies	09	3.8
	I believe herbal remedies are not effective	17	7.2
	Other reasons	28	11.8
	Total	237	100

Table 6: Frequently use nonpharmacological home remedies (NPHRs) by sociodemographic characteristics:

			Frequency	Percent (%)	Chi-Square	P-Value
Gender	Male	Yes	126	56.0	6.874	0.009
		No	99	44.0		
	Female	Yes	274	66.5		
		No	138	33.5		
Age	Under 30	Yes	167	54.2	19.483	0.000
		No	141	45.8		
	30 to 60	Yes	192	69.8		
		No	83	30.2		
	Over 60	Yes	41	75.9		
		No	13	24.1		
Place of residence	Benghazi	Yes	187	59.9	4.588	0.332
		No	125	40.1		
	Al-Marj	Yes	53	61.6		
		No	33	38.4		
	Al-Jabal Al-Akhdar	Yes	68	70.8		
		No	28	29.2		
	Derna	Yes	44	61.1		
		No	28	38.9		
	Al-Butnan	Yes	48	67.6		
		No	23	32.4		
Employment status	Student	Yes	80	50.3	18.108	0.001
		No	79	49.7		
	Al-Employee	Yes	197	66.8		
		No	98	33.2		
	Retired	Yes	17	60.7		
		No	11	39.3		
	Unemployed	Yes	75	73.5		
		No	27	26.5		
	Self-employed	Yes	31	58.5		
		No	22	41.5		

Sources of knowledge about NPHRs:

Regarding sources of knowledge of NPHR usage, respondents reported the following: parents (48.3%), herbalists (28.0%), internet (19.8%), doctors or pharmacists (12.3%), friends (6.3%), and other unspecified sources (6.8%). These findings suggest that NPHR utilization is influenced by traditional familial knowledge, professional advice from traditional practitioners, and contemporary sources, such as the Internet (Table 7 and Figure 4). This result is consistent with that of Parisius et al. (2014), who found that the respondent group's knowledge about home remedies primarily originated from family members.

Table 7: Sources of knowledge about NPHRs:

	Sources	Frequency	Percent (%)
How did you learn about the usage of these herbal remedies?	Herbalist	112	28.0
	Internet	079	19.8
	Friend	025	06.3
	Parents	193	48.3
	Doctor or pharmacist	049	12.3
	Other	027	06.8

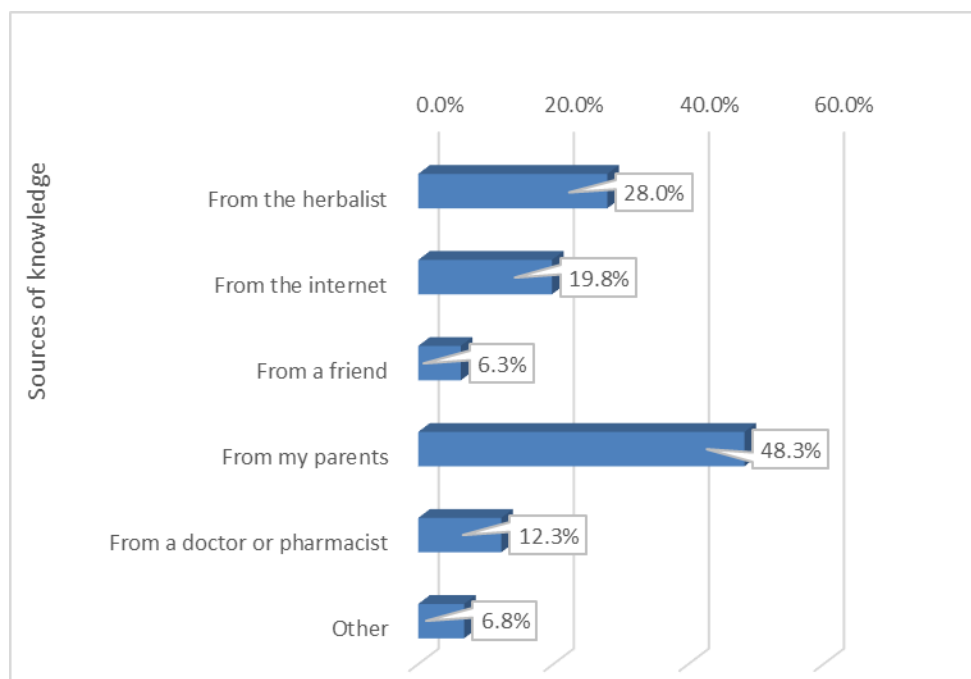


Figure 4: Sources of knowledge about NPHRs.

Pharmacist consultation patterns and awareness of side effects in NPHR Use:

Despite the high use of herbal remedies, the data revealed some concerns. A low rate of healthcare professional consultations and limited awareness of potential side effects or toxicity raises safety and efficacy questions. Additionally, reasons for not using herbal remedies, such as preference for specialist care and distrust in their effectiveness, indicate the need for better education and integration of herbal medicines in mainstream healthcare.

Table 8 shows that 27.5% of respondents consulted a healthcare professional about herbal remedies, whereas 72.5% did not. Regarding the awareness of side effects or toxicity, 36.8% of the participants reported being cognizant, whereas 63.2% did not indicate such awareness. Moreover, only 2.3% of patients reported experiencing adverse effects, whereas 97.8% did not report such occurrences. This aligns with a UK survey that found that only 12% of such cases involved general practitioner consultation (Elliott et al., 2011).

Table 8: Pharmacist consultation patterns and awareness of side effects in NPHR Use:

Questions	Answers	Frequency	Percent (%)
Did you consult a pharmacist or doctor about your use of herbal remedies?	Yes	110	27.5
	No	290	72.5
	Total	400	100
Are you aware of any side effects or toxicity of these remedies?	Yes	147	36.8
	No	253	63.2
	Total	400	100
Have you experienced any side effects from using these home remedies?	Yes	09	02.3
	No	391	97.8
Total		400	100

The Commonly Medicinal Plants Used NPHRs and Herbs:

The study included 24 plant species that were used for therapeutic purposes by Libyan participants. The most frequently employed home remedies were honey (28.5%), Mint (21.0%) followed by anise (19.3%), thyme and lemon (18.0%), and lavender (16.0%), whereas coriander seeds (2.5%), turmeric, and coriander (2.8%), and flax seeds (3.0%), respectively were the least commonly, used (Table 9 and Figure 7). This result is similar to that of Segall (1990), who reported findings comparable to those of the present study, with research conducted in Winnipeg, indicating that the most frequently used home remedies in Canada were teas, followed by honey and hot lemon beverages.

On the other hand, the plant species were categorized into 11 families; the most prevalent families were Fabaceae (8 species), followed by Apiaceae (3 species), Asteraceae, Myrtaceae, Umbelliferae, and Zingiberaceae (2 species each), and Linaceae, Oleaceae, Ranunculaceae, Rutaceae, and Vitaceae (1 species each), as presented in Table 9 and Figure 7. Research conducted in Libya (El-Mokasabi et al., 2018a) and southeastern Morocco (Kamagaju et al., 2013) has demonstrated the prevalence of these families, and their substantial influence was evident in both investigations.

Table 9: The commonly medicinal plants used NPHRs and Herbs in Libya:

Plant families	Scientific names	Vernacular names	Frequency	Percent (%)
Honey	Honey	Honey	114	28.5
Apiaceae	<i>Cuminum cyminum</i>	Cumin	41	10.3
	<i>Petroselinum crispum</i>	Parsley	17	4.30
	<i>Pimpinella anisum</i>	Anise	77	19.3
Asteraceae	<i>Artemisia absinthium</i>	Wormwood	34	8.50
	<i>Saussurea lappa</i>	Costus	14	3.50
Fabaceae	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	Hilba	51	12.8
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Rosemary	22	5.50
	<i>Thymus capitatus</i>	Thyme	72	18.0
	<i>Lavandula multifida</i>	Lavender	64	16.0
	<i>Salvia officinalis</i>	Sage	25	6.30
	<i>Mentha piperita</i>	Mint	84	21.0
	<i>Origanum majorana</i>	Marjoram	15	3.80
	<i>Cinnamomum verum</i>	Cinnamon/Gerfa	50	12.5
Linaceae	<i>Linum usitatissimum</i>	Seeds Flax	12	3.00
Myrtaceae	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clove	50	12.5
	<i>Psidium guajava</i>	Guava	21	5.30
Oleaceae	<i>Olea europaea</i>	Olive/Zaytun	45	11.3
Ranunculaceae	<i>Nigella sativa</i>	Black seeds	14	3.50
Rutaceae	<i>Citrus limon</i>	Lemon	72	18.0
Umbelliferae	<i>Coriandrum sativum</i>	Coriander	11	2.80
	<i>Coriandrum sativum</i>	Coriander Seeds	10	2.50
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>	Raisins	12	3.00
Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i>	Ginger	36	9.00
	<i>Curcuma longa</i>	Turmeric	11	2.80

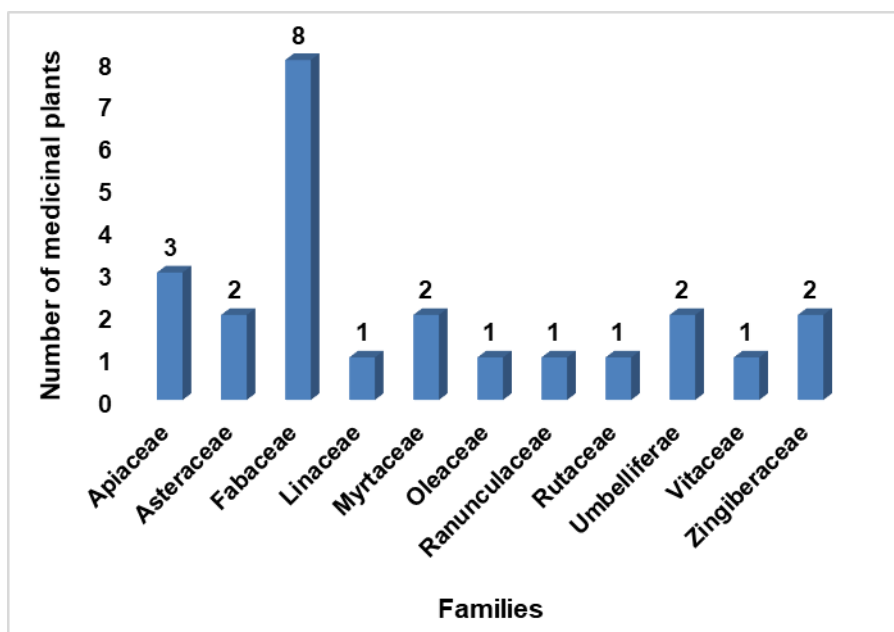


Figure 5: Number of medicinal plants in each family mentioned by the respondents.

CONCLUSION

In conclusion, this study significantly contributes to the understanding of herbal and home remedy utilization within the study population and elucidates important sociodemographic patterns, health status, and the prevalence of non-prescribed herbal remedies (NPHRs) among the Libyan population, emphasizing the necessity for enhanced awareness and integration of traditional and modern healthcare practices. Future research endeavors should prioritize longitudinal studies to monitor changes in traditional medicine use as well as clinical trials to evaluate the efficacy and safety of specific traditional remedies, thereby ensuring their judicious integration into the national healthcare system.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors gratefully acknowledge the Department of Pharmacology and Toxicology, Faculty of Pharmacy, Derna University, Derna, Libya.

Grant support

This research received no external funding.

Author contributions

Conceptualization, M.A.A., T.I.S., S.A.A., A.M.A., A.M.R., S.M.S., and A.M.A.; proposed and designed compounds, M.A.A., T.I.S., S.A.A., A.M.A., A.M.R., S.M.S., and A.M.A.; conducting experiments, M.A.A., and T.I.S.; writing-original draft preparation, M.A.A., T.I.S., A.M.R. and A.M.A.; writing-review and editing, M.A.A., T.I.S., S.A.A., A.M.A., and A.M.R. All authors reviewed and approved this study.

REFERENCES

ABD EL-GHANI, M. M., HUERTA-MARTÍNEZ, F. M., HONGYAN, L. & QURESHI, R. 2017. *Plant responses to hyperarid desert environments*, Springer.

- ABOGMAZA, A. F., KEER, K. F., TAKRIZZAH, A. & YAHYA, E. B. J. I. R. J. S. T. 2020. A review on the medicinal and aromatic plants growing in Libya and their therapeutic properties. 2, 327-334.
- AGBABIKA, T. B., SPENCER, N. H., KHANOM, S. & GOODMAN, C. 2018. Prevalence of drug-herb and drug-supplement interactions in older adults: a cross-sectional survey. *British Journal of General Practice*, 68, e711-e717.
- BELLILI, S., JAZI, S., HRIRA, M. Y., LAMARI, A., DHIFI, W., DIOUANI, M. F., ARAUJO, M. E., CIONI, P. L., FLAMINI, G. & CHERIF, A. J. M. G. C. 2017. Phytochemical identification of volatile fraction, essential oil and screening of antioxidant, antibacterial, allelopathic and insecticidal potential from *Artemisia herba-alba* leaves. 16, 95-109.
- BOUYAHYA, A., ABRINI, J., ET-TOUYS, A., BAKRI, Y. & DAKKA, N. 2017. Indigenous knowledge of the use of medicinal plants in the North-West of Morocco and their biological activities. *European Journal of Integrative Medicine*, 13, 9-25.
- CHAACHOUAY, N., BENKHNIGUE, O., FADLI, M., EL AYADI, R. & ZIDANE, L. 2019. Ethnobotanical study of medicinal plants used to treat osteoarticular diseases in the Moroccan Rif, Morocco. *J Pharm Pharmacogn Res*, 7, 454-470.
- COCHRAN, W. G. 1977. Sampling techniques. *Johan Wiley & Sons Inc.*
- COMETA, M., MAZZANTI, G., TOMASSINI, L. J. P. R. A. I. J. D. T. P. & DERIVATIVES, T. E. O. N. P. 1998. Sedative and spasmolytic effects of *Viburnum tinus* L. and its major pure compounds. 12, S89-S91.
- EL-MOKASABI, F. M., AL-SANOUSI, M. F. & EL-MABROUK, R. M. 2018a. Taxonomy and ethnobotany of medicinal plants in eastern region of Libya. *J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol*, 12, 14-23.
- EL-MOKASABI, F. M., AL-SANOUSI, M. F. & EL-MABROUK, R. M. J. J. E. S. T. F. T. 2018b. Taxonomy and ethnobotany of medicinal plants in eastern region of Libya. 12, 14-23.
- ELANSARY, H. O., SZOPA, A., KUBICA, P., EKIERT, H., A. AL-MANA, F. & AL-YAFRSI, M. A. J. P. 2020. Antioxidant and biological activities of *Acacia saligna* and *Lawsonia inermis* natural populations. 9, 908.
- ELLIOTT, A. M., MCATEER, A. & HANNAFORD, P. C. 2011. Revisiting the symptom iceberg in today's primary care: results from a UK population survey. *BMC Family Practice*, 12, 1-11.
- ENNAIFER, M., BOUZAIENE, T., MESSAOUD, C. & HAMDI, M. J. N. P. R. 2020. Phytochemicals, antioxidant, anti-acetyl-cholinesterase, and antimicrobial activities of decoction and infusion of *Pelargonium graveolens*. 34, 2634-2638.
- HAMZA, L. F. J. W. 2017. *Anethum graveolens*: Physicochemical properties, medicinal uses, antimicrobial effects, antioxidant effect, anti-inflammatory and analgesic effects: A review. 5.

- KACHMAR, M. R., NACEIRI MRABTI, H., BELLAHMAR, M., OUAHBI, A., HALOUI, Z., EL BADAOU, K., BOUYAHYA, A. & CHAKIR, S. 2021. Traditional knowledge of medicinal plants used in the Northeastern part of Morocco. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 6002949.
- KADAM, V. B. J. J. O. P. R. S. & TECHNOLOGY 2018. Phytochemical Profile of *Trigonella foenum graecum* Linn. 2, 1-4.
- KAMAGAJU, L., BIZURU, E., MINANI, V., MORANDINI, R., STÉVIGNY, C., GHANEM, G. & DUEZ, P. 2013. An ethnobotanical survey of medicinal plants used in Rwanda for voluntary depigmentation. *Journal of Ethnopharmacology*, 150, 708-717.
- KİLİNC, H., MASULLO, M., D'URSO, G., KARAYILDIRIM, T., ALANKUS, O. & PIACENTE, S. J. P. 2020. Phytochemical investigation of *Scabiosa sicula* guided by a preliminary HPLC-ESIMSⁿ profiling. 174, 112350.
- KREJCIE, R. & MORGAN, D. 1970. Determining sample size for research activities. measurement.
- MAALEJ, A., BOUALLAGUI, Z., HADRICH, F., ISODA, H., SAYADI, S. J. B. & PHARMACOTHERAPY 2017. Assessment of *Olea europaea* L. fruit extracts: Phytochemical characterization and anticancer pathway investigation. 90, 179-186.
- MENA, P., CIRLINI, M., TASSOTTI, M., HERRLINGER, K. A., DALL'ASTA, C. & DEL RIO, D. J. M. 2016. Phytochemical profiling of flavonoids, phenolic acids, terpenoids, and volatile fraction of a rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract. 21, 1576.
- PARISIUS, L. M., STOCK-SCHRÖER, B., BERGER, S., HERMANN, K. & JOOS, S. 2014. Use of home remedies: a cross-sectional survey of patients in Germany. *BMC Family Practice*, 15, 1-8.
- PICKING, D., YOUNGER, N., MITCHELL, S. & DELGODA, R. 2011. The prevalence of herbal medicine home use and concomitant use with pharmaceutical medicines in Jamaica. *Journal of ethnopharmacology*, 137, 305-311.
- SEGALL, A. 1990. A community survey of self-medication activities. *Medical Care*, 28, 301-310.
- SINGH, B., SINGH, J. P., KAUR, A. & SINGH, N. J. F. C. 2018. Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel: A review. 261, 75-86.
- TOLO, C. U., KAHWA, I., NUWAGIRA, U., WEISHEIT, A. & IKIRIZA, H. 2023. Medicinal plants used in treatment of various diseases in the Rwenzori Region, Western Uganda. *Ethnobotany Research and Applications*, 25, 1-16.
- TORRES-AVILEZ, W., MEDEIROS, P. M. D. & ALBUQUERQUE, U. P. 2016. Effect of Gender on the Knowledge of Medicinal Plants: Systematic Review and Meta-Analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, 6592363.
- WINKLER, N. E., SEBO, P., HALLER, D. M. & MAISONNEUVE, H. 2022. Primary care patients' perspectives on the use of non-pharmacological home remedies in Geneva: a cross-sectional study. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 22, 126.

- YAHYA, E. B., ALHAWARI, S. M., AMHIMMID, K., ABUAESHAN, R. H. A., SAADA, A. O. J. J. O. S. & TECHNOLOGIES 2018. Evaluation of in-vitroantibacterial activity of aqueous and alcoholic extracts of the peels punica granatum and olea europaea leaves. 2, 36-44.
- YILMAZ, B. S., ALTUN, M. L., ORHAN, I. E., ERGENE, B. & CITOGLU, G. S. J. F. C. 2013. Enzyme inhibitory and antioxidant activities of Viburnum tinus L. relevant to its neuroprotective potential. 141, 582-588.
- ZERN, T. L. & FERNANDEZ, M. L. J. T. J. O. N. 2005. Cardioprotective effects of dietary polyphenols. 135, 2291-2294.
- ZIN, S. R. M., KASSIM, N. M., ALSHAWSH, M. A., HASHIM, N. E., MOHAMED, Z. J. B. & PHARMACOTHERAPY 2017. Biological activities of Anastatica hieracuntica L.: A systematic review. 91, 611-620.

Antifungal Activity of *Mentha Piperita* Ethanolic Extract against *Candida albicans* and Synergistic Potential with Diclofenac Sodium

Ahlam M. Keshar*, Salwa A. Eltawaty and Ahmed S. Kabbashi

Department of Biomedical Science, Faculty of Pharmacy, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Received: 02 February 2025 / Accepted: 30 April 2025

DOI: <https://doi.org/10.58309/hz2j8c07>

Keywords:	ABSTRACT:
<i>Mentha piperita</i>	This study investigated the antifungal effects of the ethanol extract of <i>Mentha piperita</i> (<i>M. piperita</i>) against standard and clinical <i>Candida albicans</i> isolates, compared its activity with that of fluconazole 100 mg (reference drug), and evaluated its potential synergistic effect when combined with diclofenac sodium (50 mg). The ethanolic extract of <i>M. piperita</i> was prepared using the maceration method with ethanol (75%). Antifungal activity was evaluated using the agar well diffusion method and was measured by observing the inhibition zones (mm). The results demonstrated that <i>M. piperita</i> ethanolic extract exhibited antifungal activity with inhibition zones (mm) ranging from (9.00±0.80 to 16.3±0.90 mm), and it was highly effective against 19% of <i>C. albicans</i> tested, while Fluconazole was effective against 9.5%. Furthermore, the combination of the extract and diclofenac sodium did not exhibit a synergistic effect; instead, a decrease in the activity of the extract was observed. These findings indicate that <i>M. piperita</i> ethanolic extract possesses various activities against the tested <i>C. albicans</i> isolates. Of all tested isolates, 71.4% demonstrated resistance to fluconazole. No synergism was observed between the extract and diclofenac sodium.
Antifungal activity	
<i>Candida albicans</i>	
Synergistic effect	
Fluconazole	
Diclofenac sodium.	

النشاط المضاد للفطريات للمستخلص الإيثانولي لنبات النعناع البري ضد المبيضات البيضاء والإمكانات التآزرية مع ديكلوفيناك

الصوديوم

أحلام محمد كيشار*, سلوى عبد الله التواتي، أحمد سعيد كباشي

قسم العلوم الطبية الحيوية، كلية الصيدلة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

المستخلص:	الكلمات المفتاحية:
تناولت هذه الدراسة دراسة التأثيرات المضادة للفطريات للمستخلص الإيثانولي لنبات النعناع البري ضد عزلات المبيضات البيضاء القياسية والسريية، ومقارنة نشاطه بنشاط الفلوكونازول 100 ملغ (دواء مرجعي)، وتقييم تأثيره التآزري المحتمل عند دمجه مع ديكلوفيناك الصوديوم (50 ملغ). تم تحضير المستخلص الإيثانولي لنبات النعناع البري باستخدام طريقة النقع مع الإيثانول (75%). تم تقييم النشاط المضاد للفطريات باستخدام طريقة انتشار بئر الأجار وتم قياسه من خلال ملاحظة مناطق التثبيط (مم). أظهرت النتائج أن المستخلص الإيثانولي لنبات النعناع البري أظهر نشاطاً مضاداً للفطريات مع مناطق تثبيط (مم) تتراوح من (9.00 ± 0.80 إلى 16.3 ± 0.90 مم)، وكان فعالاً للغاية ضد 19% من الكانديدا البيضاء المختبرة، في حين كان الفلوكونازول فعالاً ضد 9.5%. علاوة على ذلك، لم يُظهر الجمع بين المستخلص وديكلوفيناك الصوديوم تأثيراً تآزرياً؛ بل لوحظ بدلاً من ذلك انخفاض في نشاط المستخلص. تشير هذه النتائج إلى أن المستخلص الإيثانولي لنبات النعناع يمتلك أنشطة مختلفة ضد عزلات المبيضات البيضاء المختبرة. من بين جميع العزلات المختبرة، أظهرت 71.4% مقاومة للفلوكونازول. لم يلاحظ أي تآزر بين المستخلص وديكلوفيناك الصوديوم.	النعناع البري، النشاط مضاد للفطريات، المبيضات البيضاء، تأثير تآزري، ديكلوفيناك الصوديوم، فلوكونازول.

INTRODUCTION

Candida spp. are commonly identified as one of the most prevalent fungal infections in dermatology. *Candida albicans* is specifically responsible for 80–90% of infections (Bolognia et al., 2018, Browning, 2018).

The azole antifungal is the most frequently used class of drugs for treating *Candida* infections. Azole antifungal agents, such as fluconazole, are often preferred for the treatment of numerous *Candida* infections because of their cost-effectiveness and availability for oral administration; however, owing to the inappropriate use of antifungal agents, fluconazole resistance has developed in several *Candida* species (Whaley et al., 2017). The toxicity, interactions, and resistance of the currently employed antifungal therapies are well-documented (Nami et al., 2019). The toxicity of antifungal drugs is extensively documented due to the similarities between fungal cells and human host cells, as they are both eukaryotes (Denning and Hope, 2010) ; (Scorzoni et al., 2017); (Silva et al., 2019). Similar to bacteria, fungi can develop resistance to multiple drugs, increasing the risk of infection. A recent study on fungal infections found that there are 150 million cases of severe fungal infections annually, with 1.7 million of those cases resulting in mortality (Kainz et al., 2020). The resistance rate continued to increase.

The resurgence of interest in natural remedies and traditional medicine has contributed to the support for herbal medicine, which purports to treat a wide range of ailments without adverse effects on patients (Loolaie et al., 2017). *Mentha piperita* L. is an aromatic plant belonging to the Lamiaceae family and is frequently used as a food condiment (Raja, 2012). The family comprises 250 genera and over 7000 species (Stankovic, 2020). Botanists classify it as astringent, antiseptic, antipyretic, antispasmodic, anticatarrhal, antimicrobial, stimulant, and anti-aging (Mukhtar, 2017). *M. piperita* extracts exhibit significant antibacterial and antifungal properties against numerous pathogens (Patil et al., 2023). This study aimed to investigate the antifungal effects of the ethanol extract of *M. piperita* against standard and clinical *C. albicans* isolates and to examine the potential synergistic interactions between the extract and diclofenac sodium.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Chemicals and Drugs

The chemical used in this investigation was ethanol (Sigma Aldrich, Germany). Sabouraud Dextrose Agar (SDA) and Mueller-Hinton Agar (Hi Media Laboratories Pvt. Ltd., India) were employed. The pharmaceutical agents used were diclofenac sodium 50 mg (Votrex, Hikma, batch no. 6251065012062) and fluconazole 100 mg (Fluzole, Biofarma, batch no.869957151102).

Candida albicans Used

This study included 21 samples. One standard (*C. albicans* ATCC 7596) was obtained from the Laboratory of Microbiology, Faculty of Pharmacy, Omar Al-Mukhtar University, and 20 pre-identified isolates were collected between May and September 2024 from Al-Akeed Laboratory, Benghazi, Libya. The isolates were obtained from diverse sources.

Collection of plant materials and preparation

Fresh of *M. piperita* leaves (Figure 1) were collected from Derna City in Aljabal Alakhdar, Libya, during the spring of 2024. Taxonomists at the Herbarium Department of Botany, Faculty of Sciences, Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya, identified and authenticated the plant specimen, thereby ensuring the validity and reliability of the research. The plant leaves were washed, aerobically dried at ambient temperature, ground, and stored in sealed containers for extraction.



Figure (1): Fresh *Mentha Piperita* leaves.

Methods

Preparation of crude extract

The plant was extracted using an overnight maceration process, following Harbone (1984). A weight of 40 g was macerated in 400 ml of 75% ethanol for three days at room temperature. The supernatant was decanted after random shaking for 24 hours at room temperature. The extract was then dried and concentrated using a hood. The residue was weighed (g), and the yield is listed in Table (1) after being calculated in Table 1 as follows:

$$\text{Yield (\%)} = (\text{weigh of extract/weigh of the plant}) \times 100$$

The extract was stored at 4 °C until further use.

Antifungal activity

The antifungal activity of each extract, diclofenac sodium, and fluconazole was evaluated using the Agar Well Diffusion Method, as described by Hossain et al. (2022). In this assay, the agar plate surface was inoculated by spreading 100 µL of the fungal suspension over the entire agar surface. The suspension was prepared from a fresh culture in 0.9% normal saline and standardized to 0.7 McFarland solution. A sterile cork borer was used to create aseptic circular wells (6–8 mm) on the agar. A volume of 100 µL of each tested extract and drug was introduced into each well (Magaldi et al., 2004); (Valgas et al., 2007). Each sample was analyzed in triplicate. The Petri dishes were incubated at 37°C for 24–48 h. The inhibition zones were measured in millimetres (mm).

Statistical analysis

All experiments were conducted in triplicate, and the results are presented as Mean ± Standard Deviation (M±SD) and percentages (%). All assay results were analyzed using Microsoft Excel (2019).

RESULTS

Yield of crude extract

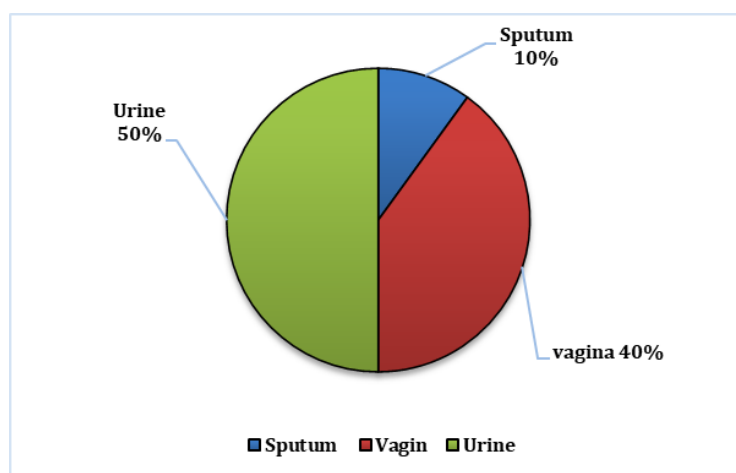
Table 1 shows the crude extract percentage yield. *M. piperita* crude ethanolic extract yielded 13.7%. A viscous consistency and a blackish-green hue characterized the extracted material.

Table (1): Description and yield percentage of ethanolic extract of *M. piperita*:

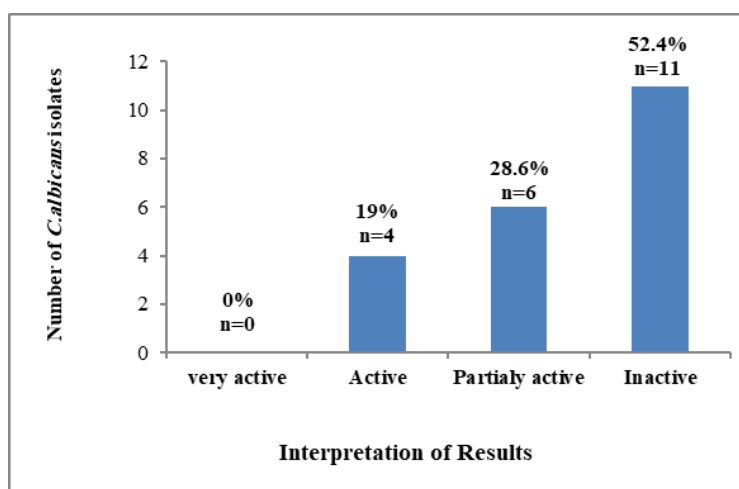
Parameters	Ethanolic extract
Weight of plant (g)	80
Yield (g)	11
Yield (%)	13.7
Color	Blackish-green
Consistency	Gummy

Percentage and Distribution of Isolates from Various Sources

Fifty percent of the total *C. albicans* isolates were obtained from urine samples, 40% from vaginal swabs, and 10% from sputum samples, as depicted in Figure (2).

**Figure (2): Percentage and Distribution of Isolates from Various Sources.****Antifungal activity of *M. piperita* extract against *C. albicans* isolates:**

The results of this investigation indicated that the ethanolic extract at 100 mg/ml exhibited varying antifungal efficacy against *C. albicans* isolates. The observed inhibition zones (mm) ranged from (9.00 ± 0.80) to (16.3 ± 0.90) mm). Among the tested samples, the ethanolic extract was ineffective against 11(52.4%) of the tested samples, partially effective against 6(28.6%), and effective against 4(19%) of the tested samples, as illustrated in Figure (3).

**Figure (3): Antifungal activity of *M. piperita* extract against *C. albicans*.**

Antifungal activity of combination of extract with Diclofenac sodium

This study investigated the synergistic effect of a combination of extract with diclofenac sodium against two isolates (more and less sensitive isolates).

In the lowest sensitive sample (code-11), the extract showed antifungal activity with an inhibition zone (mm) of 9.00 ± 0.80 , but exhibited no activity when combined with diclofenac. This result indicated a lack of synergistic or additive effects.

In the more sensitive sample (code-18), the extract exhibited antifungal activity with an inhibition zone (mm) of 16.3 ± 0.90 , and the ethanolic extract combined with diclofenac sodium showed a close effect to the extract alone (16.0 ± 2.40 mm), as detailed in Table (2).

Table (2): Antifungal activity of extract combined with diclofenac sodium:

Samples No.	Extract	Diclofenac sodium	Extract with diclofenac sodium
Code-11	9.00 ± 0.80	0.00 ± 0.00	$0.00 \pm 0.00^{(A)}$
Code-18	16.3 ± 0.90	0.00 ± 0.00	$16.0 \pm 2.40^{(A)}$

Key: (A)= Antagonism.

DISCUSSION

Individuals experience infections caused by highly resistant fungal strains because although antifungal drugs are generally efficacious, certain fungal infections may resist specific medications, necessitating alternative treatment modalities (Kainz et al., 2020). Plants contain naturally occurring compounds with antimicrobial properties that can serve as sources of antimicrobial agents against infections (Mayekar et al., 2021). Plant-derived natural substances have been utilized in medicine for extended periods of time owing to their diverse therapeutic applications. Numerous researchers have considered natural resources to be essential for the development of antifungal medications.

The potential of *M. piperita* as a source of natural antifungal agents is significant because its extracts demonstrated inhibitory effects on the growth of various fungi in laboratory studies. However, the majority of published research has focused on investigating the antifungal or antimicrobial properties of *M. piperita* essential oils rather than exploring its other constituents (Ilboudo et al., 2016).

The primary objective of this study was to investigate the antifungal activity of *M. piperita* leaf ethanolic extract against *C. albicans* isolates. The results demonstrated that 52.4% of *C. albicans* isolates exhibited resistance to the ethanolic extract of *M. piperita* leaves. Previous studies have primarily focused on the antifungal properties of *M. piperita* essential oils, leaving other constituents less explored. Understanding the antifungal potential of the various constituents of *M. piperita* can contribute to the development of new natural antifungal agents. Our findings align with those of (Wenji et al., 2019), who also reported the weak antifungal activity of ethanolic extracts. In contrast, (Doddanna et al., 2013), reported a higher inhibition zone for ethanolic extracts. The study by (Höfling et al., 2010), supports our findings by reporting moderate activity of ethanolic extracts and no activity for dichloromethane extracts.

On the other hand, this study represents the first investigation into the combined effects of ethanolic *M. piperita* extract and diclofenac sodium on *C. albicans*. To the best of our knowledge, no previous research has explored this specific interaction, thereby contributing a novel perspective to the field of antifungal research.

Although this study contributes significantly to the screening and expansion of knowledge regarding the potential therapeutic applications of *M. piperita* leaf extract against standard and isolated *C. albicans* and its synergistic effects, it is constrained by the absence of phytochemical screening and cytotoxicity analysis of the active compounds. Therefore, further investigation of the phytochemicals and cytotoxicity of *M. piperita* is warranted.

CONCLUSION

In conclusion, the ethanolic extract of *M. piperita* exhibited significant antifungal activity against *C. albicans* isolates, demonstrating superior efficacy compared to fluconazole for a substantial proportion of isolates. Subsequent investigations should elucidate the mechanisms underlying the antifungal properties of *M. piperita* and examine potential modifications to enhance its efficacy and synergistic potential with other antifungal agents.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors gratefully acknowledge the Department of Biomedical Science, Faculty of Pharmacy, Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya.

Grant support

The study received no extramural funding.

Author contributions

A.M.K., S.A.E., and A.S.K.; conceptualized the work and wrote the manuscript, A.M.K., S.A.E., and A.S.K.; conducting experiments and wrote the manuscript, A.M.K., S.A.E., and A.S.K.; writing-original draft preparation, A.M.K., S.A.E., and A.S.K.; writing-review and editing, A.M.K., S.A.E., and A.S.K.; this work has been reviewed and approved by all authors.

REFERENCES

- BOLOGNIA, J., SCHAFFER, J. & CERRONI, L. 2018. Dermatitis herpetiformis and linear iga bullous dermatitis. *Dermatology*. 4th ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- BROWNING, J. 2018. Dermatology Edited by Jean L. Bologna Julie V. Schaffer Lorenzo Cerroni Fourth edition China: Elsevier, 2018, ISBN 978-0-7020-6275-9. Wiley Online Library.
- DENNING, D. W. & HOPE, W. W. 2010. Therapy for fungal diseases: opportunities and priorities. *Trends in microbiology*, 18, 195-204.
- DODDANNA, S. J., PATEL, S., SUNDARRAO, M. A. & VEERABHADRAPPA, R. S. 2013. Antimicrobial activity of plant extracts on *Candida albicans*: An: in vitro: study. *Indian Journal of Dental Research*, 24, 401-405.
- HARBONE, B. 1984. Phytochemical methods. 2nd. New York, Champan Hall, 4, 4-7.
- HöFLING, J., ANIBAL, P., OBANDO-PEREDA, G., PEIXOTO, I., FURLETTI, V., FOGGIO, M. & GONCALVES, R. 2010. Antimicrobial potential of some plant extracts against *Candida* species. *Brazilian Journal of Biology*, 70, 1065-1068.
- HOSSAIN, S. I., SPORTELLI, M. C., PICCA, R. A., GENTILE, L., PALAZZO, G.,

- DITARANTO, N. & CIOFFI, N. 2022. Green synthesis and characterization of antimicrobial synergistic AgCl/BAC nanocolloids. *ACS Applied Bio Materials*, 5, 3230-3240.
- ILBOUDO, O., BONZI, S., TAPSOBA, I., SOMDA, I. & BONZI-COULIBALY, Y. L. 2016. In vitro antifungal activity of flavonoid diglycosides of *Mentha piperita* and their oxime derivatives against two cereals fungi. *Comptes Rendus. Chimie*, 19, 857-862.
- KAINZ, K., BAUER, M. A., MADEO, F. & CARMONA-GUTIERREZ, D. 2020. Fungal infections in humans: the silent crisis. *Microbial Cell*, 7, 143.
- LOOLAIE, M., MOASEFI, N., RASOULI, H. & ADIBI, H. 2017. Peppermint and its functionality: A review. *Arch Clin Microbiol*, 8, 54.
- MAGALDI, S., MATA-ESSAYAG, S., DE CAPRILES, C. H., PEREZ, C., COLELLA, M., OLAIZOLA, C. & ONTIVEROS, Y. 2004. Well diffusion for antifungal susceptibility testing. *International journal of infectious diseases*, 8, 39-45.
- MAYEKAR, V. M., ALI, A., ALIM, H. & PATEL, N. 2021. A review: Antimicrobial activity of the medicinal spice plants to cure human disease. *Plant Science Today*, 8, 629–646-629–646.
- MUKHTAR, R. M. E. 2017. *Extraction and Characterization of Peppermint (Mentha piperita) Essential Oil and its Assessment as Antioxidant and Antibacterial*. University of Gezira.
- NAMI, S., AGHEBATI-MALEKI, A., MOROVATI, H. & AGHEBATI-MALEKI, L. 2019. Current antifungal drugs and immunotherapeutic approaches as promising strategies to treatment of fungal diseases. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 110, 857-868.
- PATIL, S., SURANA, K. & MAHAJAN, S. 2023. In vitro antimicrobial and antifungal activity of *Mentha piperita* active phytoconstituents. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 14, 1875-1877.
- RAJA, R. R. 2012. Medicinally potential plants of Labiatae (Lamiaceae) family: an overview. *Research journal of medicinal plant*, 6, 203-213.
- SCORZONI, L., DE PAULA E SILVA, A. C., MARCOS, C. M., ASSATO, P. A., DE MELO, W. C., DE OLIVEIRA, H. C., COSTA-ORLANDI, C. B., MENDES-GIANNINI, M. J. & FUSCO-ALMEIDA, A. M. 2017. Antifungal therapy: new advances in the understanding and treatment of mycosis. *Frontiers in microbiology*, 8, 242257.
- SILVA, L. N., DE MELLO, T. P., DE SOUZA RAMOS, L., BRANQUINHA, M. H. & DOS SANTOS, A. L. S. 2019. Current challenges and updates on the therapy of fungal infections. *Curr. Top. Med. Chem*, 19, 495-499.
- STANKOVIC, M. 2020. Lamiaceae Species. *MDPI: Basel, Switzerland*.
- VALGAS, C., SOUZA, S. M. D., SMANIA, E. F. & SMANIA JR, A. 2007. Screening methods to determine antibacterial activity of natural products. *Brazilian journal of microbiology*, 38, 369-380.

- WENJI, K., RUKMI, I. & SUPRIHADI, A. In vitro antifungal activity of methanolic and chloroform mint leaves (*Mentha piperita* L.) extracts against *Candida albicans*. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019. IOP Publishing, 012136.
- WHALEY, S. G., BERKOW, E. L., RYBAK, J. M., NISHIMOTO, A. T., BARKER, K. S. & ROGERS, P. D. 2017. Azole antifungal resistance in *Candida albicans* and emerging non-*albicans Candida* species. *Frontiers in microbiology*, 7, 2173.

The Impact of Anabolic-Androgenic Steroid Abuse on Fertility Hormones of Male Bodybuilders

Mohamed Omar Abdulhamid^{1*}, Abdulsalam Elfowiris²

¹ Department of Pharmacology and Toxicology, Faculty of Pharmacy, Omar Al-Mukhtar University, Libya

² Biomedical Sciences, Faculty of Basic Sciences, Libyan Academy for Postgraduate Studies, Al-Jabal

Received: 10 February 2025/ Accepted: 29 April 2025

DOI: <https://doi.org/10.58309/3y5z3162>

Keywords:

Anabolic Steroids,
Fertility, Testosterone,
abuse, bodybuilding.

ABSTRACT:

Anabolic-androgenic steroid (AAS) abuse has significant detrimental effects on male fertility, mainly through its influence on hormonal balance. This study aims to investigate the impact of AAS abuse on the hypothalamic-pituitary-gonadal (HPG) axis and associated fertility hormones in male bodybuilders. Sixty participants were divided into two groups: 30 individuals with a self-reported history of AAS abuse and 30 control participants. Blood samples were collected and analyzed for total testosterone levels, estradiol, prolactin, luteinizing hormone (LH), and follicle-stimulating hormone (FSH). The AAS group showed significantly elevated levels of total testosterone (11.5 ± 1.1 ng/ml) and estradiol (34 ± 3.2 pg/ml), along with increased prolactin levels (3.4 ± 0.16 ng/ml) when compared to the control group ($P < 0.05$). In contrast, LH levels (0.38 ± 0.1 mIU/ml) and FSH levels (1.01 ± 0.08 mIU/ml) were significantly decreased in the AAS group ($P < 0.005$). The abuse of AAS causes hormonal imbalances that can severely affect reproductive health and lead to male sterility. However, these issues can be prevented through awareness, education, and proactive strategies targeted at bodybuilders.

تأثير تعاطي الستيرويدات الابتنائية الأندروجينية على هرمونات الخصوبة لدى لاعبي كمال الأجسام الذكور

محمد عمر عبد الحميد¹ ، عبد السلام الفويريس²

¹ قسم علم الأدوية والسموم، كلية الصيدلة، جامعة عمر المختار، ليبيا

² العلوم الطبية الحيوية، كلية العلوم الأساسية، الأكاديمية الليبية للدراسات العليا، الجبل الأخضر

الكلمات المفتاحية:

الستيرويدات الابتنائية،
الخصوبة، التستوستيرون،
إساءة استخدام، كمال الأجسام.

المستخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقصي تأثير تعاطي الستيرويدات الابتنائية الأندروجينية على محور المهاد-النخامية-الغدة التناسلية وهرمونات الخصوبة لدى لاعبي كمال الأجسام الذكور. شملت الدراسة ستين مشاركاً، قُسموا إلى مجموعتين: مجموعة تتعاطى الستيرويدات الابتنائية وأخرى ضابطة. جُمعت عينات الدم وُحِّلَت لتقييم مستويات التستوستيرون، الإسترايول، هرمون الحليب، الهرمون اللوتيني والهرمون المنبه للجريب. أظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً في مستويات التستوستيرون والإسترايول وهرمون الحليب لدى المجموعة المتعاطية، بينما انخفضت مستويات الهرمون اللوتيني والمنبه للجريب انخفاضاً ملحوظاً. تشير هذه النتائج إلى أن تعاطي الستيرويدات الابتنائية الأندروجينية يُحدث خللاً في محور المهاد-النخامية-الغدة التناسلية، مما يؤدي إلى اختلالات هرمونية قد تؤثر سلباً على الصحة الإنجابية للذكور. تؤكد هذه النتائج على أهمية تعزيز الوعي والتثقيف ووضع استراتيجيات وقائية فعالة للحد من تعاطي هذه المواد بين الرياضيين.

*Corresponding author: E-mail addresses: mohammed.abdalhafid@omu.edu.ly

INTRODUCTION

Anabolic-androgenic steroids (AAS) are synthetic derivatives of testosterone that are abused for muscle-building and performance-enhancing effects (Pope et al., 2014). AAS abuse is a global health concern, affecting both athletes and non-athletes (Kanayama et al., 2015). While their effects on muscle growth and physical appearance are widely acknowledged, less is known about their disruptive impacts on the endocrine system, particularly the hypothalamic-pituitary-gonadal (HPG) axis, which regulates reproductive hormones and fertility (Kanayama et al., 2015).

The HPG axis is a complex system where the hypothalamus, pituitary gland, and gonads (testes in males and ovaries in females) interact to regulate hormone production (Santen & Bremner, 2006). In males, gonadotropin-releasing hormone (GnRH) from the hypothalamus stimulates the pituitary gland to release luteinizing hormone (LH) and follicle-stimulating hormone (FSH). LH stimulates the Leydig cells in the testes to produce testosterone, while FSH acts on the Sertoli cells to support spermatogenesis. Exogenous AAS disrupts the HPG axis through harmful feedback mechanisms, suppressing natural hormone production (Handelsman, 2018). and, thus, changes in fertility potential. The prolonged suppression of these hormones can permanently damage the reproductive system. Even after stopping AAS abuse, some individuals never fully recover their natural sperm production or testosterone levels, leading to long-term sterility (Johnson et al., 2020).

The suppression of the HPG axis has been noted in many studies (Pitteloud et al., 2005). This study investigates the alterations in key fertility hormones associated with AAS abuse, highlighting the potential long-term implications for reproductive health.

MATERIALS AND METHODS

Participants for this study were recruited from Male bodybuilding athletes frequenting gyms in Al Bayda City, Libya, between January and mid-February. A total of 60 participants were enrolled and categorized into two equal groups: 30 individuals with a self-reported history of anabolic steroid abuse and 30 individuals with no reported history of anabolic steroid use, serving as the control group. The AAS group participants ranged in age from 25 to 35 years, while the control group participants ranged from 22 to 30 years. To be included in the steroid abuse group, participants were required to report consistent anabolic steroid abuse for a minimum of six months and be active gym members. Participants were excluded from the study if they reported pre-existing cardiovascular, hypertensive, and other chronic diseases.

In this cross-sectional study, a self-administered questionnaire was developed to address the following areas: Dose, duration, name of anabolic steroidal drugs, and other drugs used as Ancillary Drugs.

After an ethical approval, Blood samples were collected between 8:00 AM and 11:00 AM after a 12-hour fast. Venipuncture was performed, and 15 ml of blood was drawn into EDTA-free tubes per participant. Samples were then centrifuged at 3500-4000 rpm for 20 minutes. The serum was separated and stored at -20°C in 1.5 ml in Eppendorf tubes. Hormonal analyses were performed in a clinical laboratory setting. Serum samples were analyzed using the COBAS e411 (immunoassay analysis). This analyzer (Roche Diagnostics, Indianapolis, Indiana, USA) was used to quantify the following hormones: total testosterone, estradiol (E2), prolactin (PRL), LH, and FSH. Data are presented as mean values with associated measures of dispersion for group comparisons. To assess differences in hormone levels, biochemical markers, and other continuous variables

between the anabolic steroid abuse group and the control group, Welch's t-test was employed. Prior to analysis, data for specific markers were transformed to achieve normality. Specifically, a square root transformation was applied to FSH and PRL data. LH data were subjected to a natural logarithm transformation. Statistical analysis was performed using SPSS version 23. A p-value of less than 0.05 was considered statistically significant.

Ethical approval for this study was obtained from the National Bioethics Committee (NBC) (Reference Number: NBC:007.24.19). Informed consent was obtained from all participants after explaining the study objectives and methods. Participant confidentiality was maintained throughout the study.

RESULTS

Analysis of self-reported drug usage data (table 1) revealed that the total dose of anabolic steroidal drugs received across all cycles is approximately (6423.50 ± 500 mg) during (7.5 ± 0.62 weeks), the total dose during one week is approximately (865 ± 50 mg).

Testosterone enanthate was the most commonly used AAS (86.7%), followed by nandrolone decanoate (53.3%), oxymetholone (Anadrol) (36.7%), methandrostenolone (Dianabol) (33.3%), and ancillary drugs (8%): (Anastrozole, Clomiphene Citrate, Cabergoline, HCG and Tamoxifen). Most participants used multiple anabolic steroids concurrently, accounting for 83.3%, whereas single AAS cycles were a minority at 16.7% (Tables 1 and 2).

Table 1: Dosage, Duration, and Drugs Used by Anabolic Steroid Abusers

Abuser.	AAS	Ancillary	Route of Administration	Duration (weeks)	Total Dose AAS received (mg)
1	Oxymetholone		O	12	9000
2	Nandrolone Decanoate		I.M		
	Testosterone Enanthate		I.M	8	5800
	Methandrostenolone		O		
3	Testosterone Enanthate		I.M		
	Testosterone Propionate		I.M	15	6000
		Clen-butanol	O		
4	Testosterone Enanthate		I.M	8	2000
5	Testosterone Enanthate		I.M	8	9000
6	Oxymetholone		O		
	Boldenone Undecylenate		I.M	8	10500
	Testosterone Enanthate		I.M		
		Anastrozole	O		
7	Testosterone Enanthate		I.M	16	8000
8	Testosterone Enanthate		I.M	2	500
9	Oxymetholone		O		
	Testosterone Enanthate		I.M		
	Trenbolone		I.M	8	11175
	Boldenone Undecylenate		I.M		
	Masterolone		O		
		Anastrozole	O		
10	Testosterone Enanthate		I.M	8	6000
	Oxymetholone		O		

Abuser.	AAS	Ancillary	Route of Administration	Duration (weeks)	Total Dose AAS received (mg)
11	Nandrolone Decanoate Testosterone Enanthate Oxymetholone Mesterolone	Clomiphene Cabergoline	I.M I.M O O O	8	10800
12	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate Methandrostenolone		I.M I.M O	8	9800
13	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate Methandrostenolone		I.M I.M O	8	10800
14	Testosterone Propionate Trenbolone Acetate Oxandrolone		I.M I.M O	6	13600
15	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate Methandrostenolone	Anastrozole Clomiphene	I.M I.M O O O	8	9800
16	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate Methandrostenolone Mesterolone	Clomiphene	I.M I.M O O O	12	10450
17	Methandrostenolone		O	4	900
18	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate		I.M I.M	8	4000
19	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate		I.M I.M	6	3000
20	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate Oxymetholone Mesterolone	Clomiphene	I.M I.M O O O	6	9000
21	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate Methandrostenolone	HCG	I.M I.M O S.C	12	10600
22	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate Methandrostenolone	Cabergoline Tamoxifen	I.M I.M O O O	8	7800
23	Testosterone Enanthate Nandrolone Decanoate		I.M I.M	4	4000
24	Testosterone Enanthate		I.M	5	4150

Abuser.	AAS	Ancillary	Route of Administration	Duration (weeks)	Total Dose AAS received (mg)
25	Nandrolone Decanoate		I.M	13	6760
	Methandienone		O		
	Testosterone Enanthate		I.M		
	Nandrolone Decanoate		I.M		
26	Methandienone		O	2	1620
	Testosterone Enanthate		I.M		
	Nandrolone Decanoate		I.M		
	Oxymetholone		O		
27	Methandienone		O	4	2550
	Methandienone		O		
	Oxymetholone		O		
	Oxymetholone		O		
28	Oxymetholone		O	4	1500
29	Methandrostenolone		O	4	1800
30	Methandrostenolone		O	4	1800

O, orally; I.M, intramuscular; S.C, subcutaneous; ASA, anabolic steroid abusers.

Table 2: Most common AAS used in a combination

Combination	Frequency	Percentage (%)
Testosterone Enanthate + Nandrolone Decanoate + Methandrostenolone	5	16.7
Testosterone Enanthate + Nandrolone Decanoate	5	16.7
Testosterone Enanthate + Oxymetholone	2	6.7
Testosterone Enanthate + Nandrolone Decanoate + Methandrostenolone + Oxymetholone	1	3.3
Oxymetholone, Boldenone Undecylenate, Testosterone Enanthate	1	3.3
Oxymetholone, Testosterone Enanthate, Trenbolone, Boldenone	1	3.3
Testosterone Enanthate + Testosterone Propionate	1	3.3
Testosterone Propionate + Trenbolone Acetate + Oxandrolone	1	3.3

Estradiol level was significantly higher in the anabolic steroid abusers group (34 ± 3.2 pg./ml) compared to the control group (21 ± 0.61 pg/ml) (Figure 1).

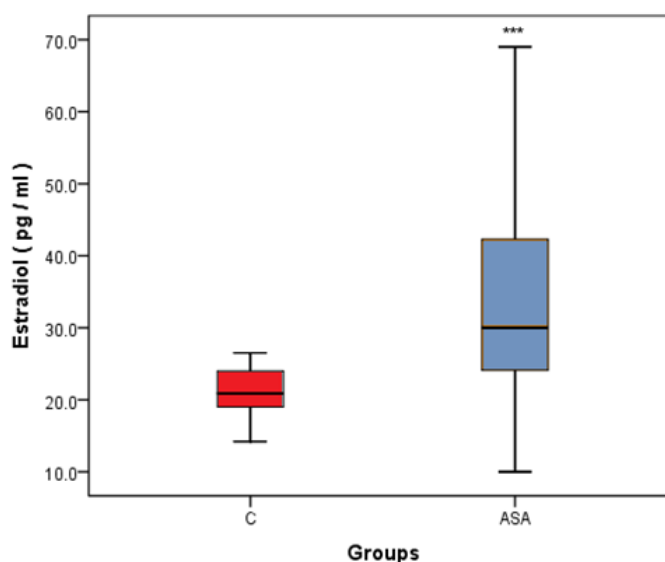


Figure (1). The level of Estradiol in anabolic steroid users. C represents healthy non-anabolic users, and ASA represents anabolic steroid abusers. The results were calculated by median; data were analyzed using Welch test * $p < 0.001$ (Significant).**

The total testosterone level was significantly higher in the anabolic steroid abusers group (11.5 ± 1.1 ng/ml) compared to the control group (4.7 ± 0.2 ng/ml) (Figure2).

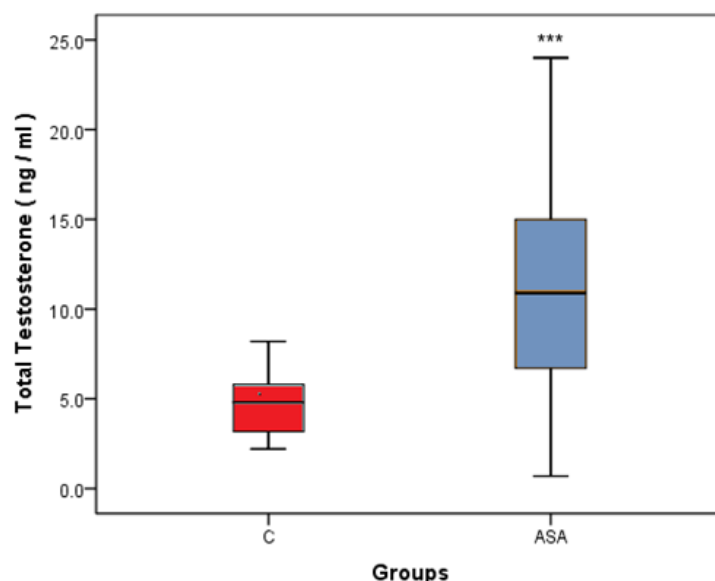


Figure: (2). The testosterone level in anabolic steroid users. C represents healthy non-anabolic users, and ASA represents anabolic steroid abusers. The results were calculated by median; data were analyzed using Welch test * $p < 0.001$ (Significant).**

The prolactin level was significantly higher in the anabolic steroid abusers group (3.4 ± 0.16 ng/ml) compared to the control group (2.4 ± 0.07 ng/ml) (Figure 3). The luteinizing hormone level was significantly lower in the anabolic steroid abusers group (0.38 ± 0.1 mIU/ml) compared to the control group (1.2 ± 0.08 mIU/ml) (Figure 4).

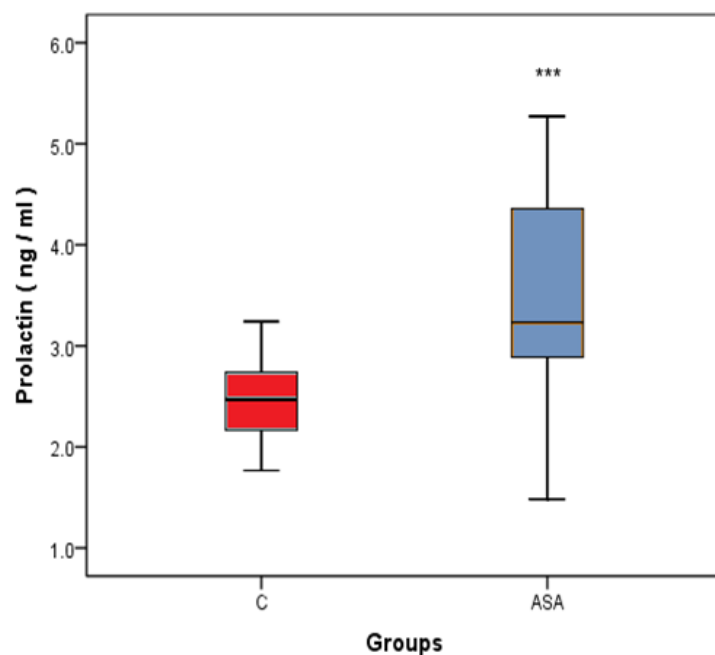


Figure: (3). The prolactin level in anabolic steroid users. C represents healthy non-anabolic users, and ASA represents anabolic steroid abusers. The results were calculated by median; data were analyzed using Welch test * $p < 0.001$ (Significant).**

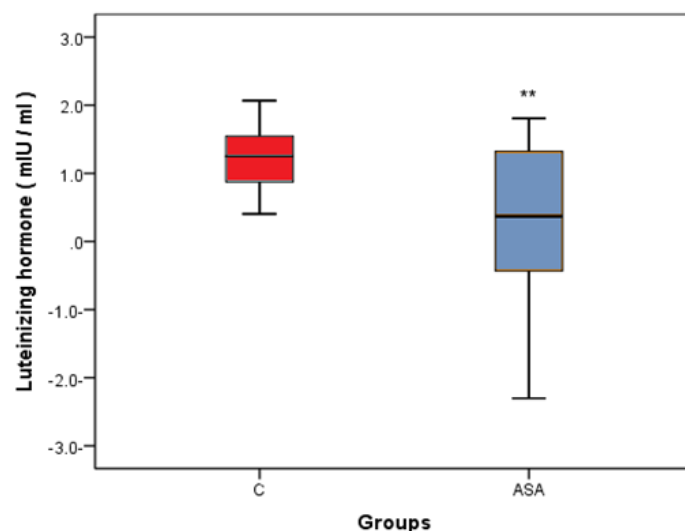


Figure: (4). The level of luteinizing hormone in anabolic steroid users. C represents healthy non-anabolic users, and ASA represents anabolic steroid abusers. The results were calculated by median; data were analyzed using Welch test ** $p < 0.005$ (Significant).

The follicle-stimulating hormone level was significantly lower in the anabolic steroid abusers group (1.01 ± 0.08 mIU/ml) compared to the control group (2.4 ± 0.09 mIU/ml) (Figure 5).

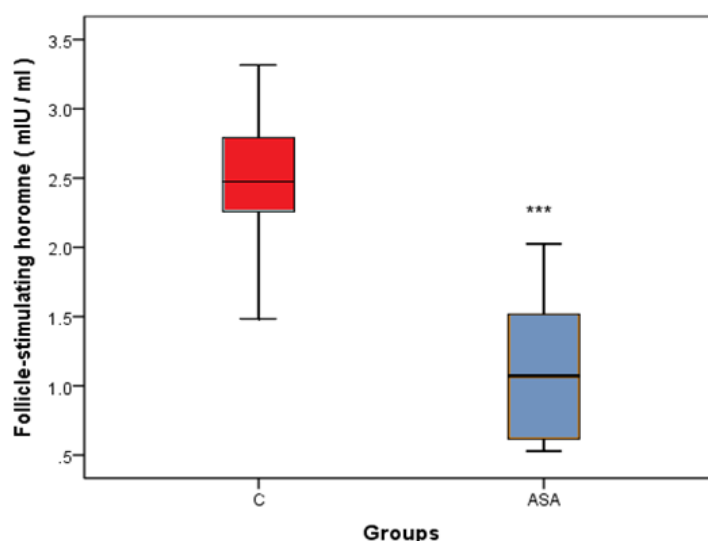


Figure: (5) The level of follicle-stimulating hormone in anabolic steroid users. C represents healthy non-anabolic users, and ASA represents anabolic steroid abusers. The results were calculated by median; data were analyzed using the Welch test *** $p < 0.001$ (Significant).

DISCUSSION

The results from this study reveal significant hormonal disruptions associated with AAS use. The self-reported data (Table 1) indicate a substantial average AAS dose of 6423.5 mg over 7.5 weeks, with a weekly average of 865 mg. Notably, testosterone enanthate was the most frequently used AAS, often combined with other AAS, reflecting the complex nature of AAS abuse. As presented in Table 2 and Figures 1-5, the AAS group exhibited significantly higher E2, testosterone, and PRL levels. Conversely, LH and FSH levels were markedly lower in the AAS group ($p < 0.005$ and $p < 0.001$, respectively), consistent with HPG axis suppression. These findings align with prior research

documenting hormonal imbalances associated with AAS use (Kovac & Lipshultz, 2017; Bhasin et al., 2000). The presented findings demonstrate the detrimental effects of AAS abuse on the hypothalamic-pituitary-gonadal axis. The exogenous administration of testosterone derivatives disrupts the hormonal balance, leading to elevated testosterone and estradiol levels, with the suppression of crucial reproductive hormones like LH and FSH. This hormonal dysregulation stems from the HPG axis's harmful feedback mechanisms, which significantly impede natural hormone production and spermatogenesis, ultimately risking male fertility. Furthermore, the increase in prolactin further complicates the issue. The clinical consequences of these hormonal imbalances extend beyond reproductive issues, contributing to a range of health concerns, including sexual dysfunction, mood disorders, and metabolic disturbances. Excess testosterone is converted to estrogen (a potent estrogen) via aromatase. High estradiol acts as a potent negative feedback signal on the hypothalamus, suppressing the Gonadotropin-Releasing Hormone release. This suppression is mediated through estrogen receptors in the hypothalamus (Carreau et al., 2003).

Increased serum prolactin levels directly affect spermatogenesis and negatively impact male fertility by inhibiting the anterior pituitary gland's pulsatile release of gonadotrophins (Dabbous & Atkin, 2018).

The use of ancillary drugs, such as aromatase inhibitors and SERMs, was reported by some AAS abusers, potentially in an attempt to mitigate the estrogenic side effects or restore HPG axis function. However, the persistence of significant hormonal imbalances despite ancillary drug use suggests their limited effectiveness in fully counteracting the effects of AAS.

These results confirm that this hormonal pattern seriously affects male reproductive health. Potential limitations of this study include reliance on self-reported drug use and its cross-sectional design; future research should investigate these parameters using longitudinal

CONCLUSION

This study provides compelling evidence of significant hormonal disruptions in male bodybuilders who abuse anabolic-androgenic steroids (AAS). The findings reveal a concerning pattern of elevated testosterone, estradiol, and prolactin levels, coupled with suppressed luteinizing hormone (LH) and follicle-stimulating hormone (FSH) levels. This hormonal imbalance, stemming from the disruption of the hypothalamic-pituitary-gonadal (HPG) axis due to AAS use, poses a serious threat to male reproductive health by impairing natural hormone production, spermatogenesis, and overall fertility. These results underscore the detrimental effects of AAS abuse on the endocrine system and highlight the urgent need for increased awareness and preventative measures to mitigate the long-term reproductive health consequences associated with AAS use. While limitations like self-reported data and the cross-sectional design exist, the study's findings strongly suggest the need for longitudinal research to investigate further these parameters and their lasting impact on male fertility.

ACKNOWLEDGEMENT

We want to express our deep gratitude to all the esteemed participants for their benevolent support and cooperation in making this study possible.

Grant support

- No specific funding was received for this work
- We declare that Elfowiris is a member of the Editorial board. There are no conflicts of interest regarding
- This work was carried out in collaboration between all authors.

Author contributions

This work was carried out in collaboration between all authors.

ETHICS

Informed consent was obtained from the participants regarding the study objectives and methods.

REFERENCES

- Bhasin, S., Woodhouse, L., Casaburi, R., Mac, R. P., Singh, A. B., Bhasin, D., ... & Dzekov, C. (2000). Testosterone dose-response relationships in healthy men. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 281(6), E1172-E1181. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2001.281.6.E1172>
- Carreau S, et al (2003). Aromatase expression and role of estrogens in male gonad: a review. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 1:35. doi:10.1186/1477-7827-1-35. PMID 12747806
- Dabbous, Z., & Atkin, S. L. (2018). Hyperprolactinaemia in male infertility: Clinical case scenarios. *Arab Journal of Urology*, 16(1), 44–52.
- <https://doi.org/10.1016/j.aju.2017.10.002>
- Handelsman, D. J. (2018). Clinical implications of endogenous testosterone feedback. *Endocrine Reviews*, 39(3), 271-290. <https://doi.org/10.1210/er.2018-00020>
- Kanayama, G., Brower, K. J., Wood, R., Hudson, J. I., & Pope, H. G. (2015). Anabolic-androgenic steroid use among males in the United States: an update. *The American Journal on Addictions*, 24(7), 579–588.
- [DOI: 10.1111/j.1360-0443.2009.02734.x](https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2009.02734.x)
- Kovac, J. R., & Lipshultz, L. I. (2017). The effects of anabolic-androgenic steroid use on male reproduction. *Reproductive System & Sexual Disorders*, 6(3), 1-6.
- <https://doi.org/10.4172/2161-038X.1000237>
- Pitteloud, N., et al. (2005). Hypothalamic-pituitary abnormalities in men abusing anabolic androgenic steroids. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90(12), 5936-5945
- <https://doi.org/10.1111/and.13107>
- Pope, H. G., Kanayama, G., & Hudson, J. I. (2014). Anabolic-androgenic steroid abuse: an update. *JAMA Psychiatry*, 71(8), 887-888.
- <https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2009.02734.x>
- Santen, R. J., & Bremner, W. J. (2006). Normal male reproductive function. In *Endotext* (pp. 1-14). South Dartmouth (MA): MDText.com.

Environmental impacts on the growth of medicinal and aromatic in Al Jebel Akhdar and strategies for their conservation

Lamya F. A. El-jalel *, Hamed Moftah and Sarah Jummah Fadheel

Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environmental Science,
Omar Al-Mukhtar University

Received: 01 April 2025 / Accepted: 28 April 2025

DOI: <https://doi.org/10.58309/cke3ma03>

Keywords:	ABSTRACT:
Al Jebel Akhdar, Biodiversity, Climate change, Conservation strategies. Habitat loss, Sustainable agriculture.	Traditional medicine and the pharmaceutical industry rely heavily on medicinal and aromatic plants (MAPs), making biodiversity preservation essential. Northeastern Libya, particularly Al Jebel Akhdar, supports many endangered MAP species threatened by climate change, environmental degradation, and unsustainable foraging. This study evaluates environmental factors affecting MAP growth and proposes preservation strategies using field surveys, satellite imagery, and interviews with herbalists and conservation experts. Findings reveal that desertification, climate variability, and soil erosion significantly damage MAP habitats, especially in semi-arid and desert regions, with species decline rates of 40% and 60%, respectively. Unsustainable harvesting contributes to a 30% reduction in some species' populations. The research advocates for a combination of in situ and ex situ conservation, sustainable farming, and protected area management. It highlights the urgency of developing national policies that engage local communities to safeguard biodiversity, ensure sustainable development, and preserve traditional knowledge under increasing environmental stress.

التأثيرات البيئية على نمو النباتات الطبية والعطرية في الجبل الأخضر واستراتيجيات الحفاظ عليها

لمياء فرج عثمان، حميدة مفتاح، سارة جمعة الفضيل

قسم علوم البيئة، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، ليبيا

المستخلص:	الكلمات المفتاحية:
تُعد النباتات الطبية والعطرية عنصراً أساسياً في الطب التقليدي والصناعات الدوائية، كما تسهم بشكل كبير في الحفاظ على التنوع البيولوجي. وتتمتع منطقة الجبل الأخضر في شمال شرق ليبيا بتنوع مناخي يدعم وفرة كبيرة من هذه الأنواع النباتية، إلا أنها تواجه تهديدات متزايدة بسبب التدهور البيئي، وتغير المناخ، والأنشطة الجائرة لجمع النباتات. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العوامل البيئية المؤثرة في نمو وتوزيع النباتات الطبية والعطرية في الجبل الأخضر، واقتراح استراتيجيات فعالة للحفاظ عليها. تم جمع البيانات من خلال المسوحات الميدانية، وتحليل صور الأقمار الصناعية، وإجراء مقابلات مع عشّابين محليين وخبراء في مجال الحفظ. أظهرت النتائج أن التصحر، وتذبذب المناخ، وتآكل التربة تُعد من أبرز العوامل المساهمة في تجزئة الموائل النباتية. وتشير التقديرات إلى أن نحو 40% من الأنواع في المناطق شبه الجافة، و60% في المناطق الصحراوية، قد تأثرت بفقدان الموائل خلال العقد الأخير. كما تبين أن الجمع غير المستدام مسؤول عن انخفاض يُقدَّر بنحو 30% من أعداد النباتات في الجبل الأخضر ومناطق أخرى رئيسية. توصي الدراسة بتبني نهج حفظ متكامل يشمل تقنيات داخل الموائل الطبيعية وخارجها، إلى جانب دعم الممارسات الزراعية المستدامة، وإنشاء مناطق محمية. وتؤكد النتائج أهمية سن سياسات وطنية شاملة، وتعزيز مشاركة المجتمعات المحلية لضمان الاستخدام المستدام لهذه الموارد النباتية الحيوية، والحفاظ على النظم البيئية والمعارف التقليدية المرتبطة بها.	الجبل الأخضر، التنوع البيولوجي، تغير المناخ، استراتيجيات الحفاظ، فقدان الموائل، الزراعة المستدامة.

INTRODUCTION

The pharmaceutical industries together with traditional medicine deploy medicinal and aromatic plants (MAPs) for their vital role in ecological sustainability. Al Jebel Akhdar contains a wide range of MAP species across its Mediterranean to desert climate zones because herbal and natural healing practices have been using these plants for centuries (Abogmaza et al., 2020). The plants maintain major importance because they serve therapeutic functions while they serve a critical role in preserving biodiversity and protecting ecological structures. The plants face serious threats to their survival since they face environmental changes in combination with habitat degradation and unsustainable harvesting practices.

The distinctive geography and climate of Al Jebel Akhdar has enabled the development of numerous medicinal plants particularly in El-Jabal El-Akhdar but conservation plans exist to protect endangered species according to Saaed et al. (2022). Pharmaceutical and cosmetic industries drive the escalating MAP demand which results in excessive harvesting along with environmental degradation and climate change variables that cause plant species to fade. Studies show that more than 30% of North African MAP species including those in Al Jebel Akhdar face environmental threats to their survival (Shukla et al., 2025).

The preservation of MAPs demands worldwide attention according to findings about seed banking combined with ex situ conservation practices for endangered species in the combination area of Tunisia and northern Morocco (Libiad et al., 2020). The created strategies can assist The mountain with establishing its conservation programs although they remain in their initial development phase. Phylogenetic analysis shows that the Mediterranean and Middle Eastern wild plants possess genetics with potential applications for sustainable cultivation as well as conservation (Alrhoun et al., 2025).

Scientists have recognized intercropping MAPs together with fruit trees and field crops in the Mediterranean Basin as a sustainable farming method which enhances environmental diversity and promotes soil wellness (Marotti et al., 2023). Studies in Tunisia confirm the success of Lamiaceae plant cultivation in arid rangelands because these plants simultaneously produce medicinal products and help stabilize soils and restore ecosystems (Gamoun & Louhaichi, 2024). Research shows that MAPs hold significant economic value primarily in North-West Africa through the establishment of market value chains and conservation activities that boost their market potential (Weber et al., 2020).

Al Jebel Akhdar government encounters substantial barriers to protect MAPs despite scientific confirmation of their importance. The combination of deficient regulatory systems with urban growth destruction and climate change effects makes these plant species vulnerable (Ahmed et al., 2023). The study of MAPs in Sudan shows that various threats spread throughout North Africa which requires immediate conservation action (Ahmed et al., 2023). Bio-regulators demonstrate potential for research-based application to enhance seed germination rates and plant survival as a vital aspect for Al Jebel Akhdar to advance its MAP cultivation efforts (Gordanić et al., 2021).

The research examines environmental effects on Al Jebel Akhdar MAP growth by investigating the combination of climate changes and soil conditions along with increasing human activities. The research identifies methods which protect these valuable plant species with focus on establishing effective conservation strategies. Synthesizing existing conservation research about medicinal plants in North Africa and the Mediterranean allows this study to present an all-inclusive report about Al Jebel Akhdar medicinal flora preservation difficulties and available

solutions. Comprehensive studies on the conservation of MAP in Al Jebel Akhdar have remained few, in spite of the well-known threats. This study aims at identifying the environmental stressors affecting MAP growth and eventually proposing specific conservation measures.

The influence of climate change on Medicinal and Aromatic Plants (MAPs) stands as the first section in this review. Environmentally damaging effects from climate change overwhelmingly affect medicinal and aromatic plant populations in North Africa together with the Mediterranean countries. The habitat conditions deteriorate and plant populations decrease as climate adjustments accelerate temperature levels and decrease water availability in the region. Wild medicinal plants in Crete experience mounting crisis because of both drought stress and unpredictable rainfall patterns as Bariotakis et al. (2023) report. The small distribution range of *Erica sicula* makes this species highly susceptible to climate-induced threats according to Pasta et al. (2024). The 1.5°C rise in temperature since the last decade combined with an 8–12% yearly rainfall decrease poses a survival threat to native MAP species in Al Jebel Akhdar.

Soil Degradation and Its Effects on Plant Growth

The survival of medicinal flora heavily depends on the condition of the soil. The poor quality of the soil results in suboptimal physiological performance combined with reduced therapeutic potential for medicinal plants because it exhibits low organic matter, pH imbalance and depleted nutrients. The diminishing nutrients and organic content in plant samples according to Lahlou et al. (2022) leads to reduced concentrations of bioactive compounds in significant medicinal species. Research conducted at Al Jebel Akhdar shows that desert regions possess 0.8% soil organic matter but semi-arid areas have 3.2%. Map degradation becomes worse because of erosion while harmful land practices also contribute to the problem (Ahmed et al., 2023).

Sustainable Agricultural Practices for Conservation

Sustainable agricultural practices help protect MAPs from environmental damage thus supporting their continued existence. Research confirms that integrating MAPs with fruit trees or field crops improves soil stability and enhances biodiversity while supporting plant production according to Marotti et al. (2023). Lamiaceae species farming in arid rangelands of Tunisia produces dual benefits for ecological restoration while advancing economic development according to Gamoun & Louhaichi (2024). The techniques demonstrate value for Al Jebel Akhdar due to the soil destruction and biodiversity reduction from traditional agricultural methods.

3.4 Global Conservation Strategies and Regional Applications

International MAP conservation projects offer adaptable models which Libyan authorities can implement. Both seed banking and botanical garden practices of ex-situ conservation have shown success in preserving endemic species throughout Morocco and Tunisia according to Liabiad et al. (2020). The genetic diversity of Mediterranean MAPs stands out according to the phylogenetic research by Alrhoun, Sulaiman and Pieroni (2025) which demonstrates our need to protect these species along with their genetic makeup. Strategies for local adaptation in Al Jebel Akhdar area are still being established because traditional methods combined with modern technologies show great potential for development according to research from Abogmazza et al. (2020) and Weber et al. (2020).

MATERIALS AND METHODS

Data Collection

The analysis of environmental effects on medicinal and aromatic plants in Al Jebel Akhdar required multiple data collection methods. The research design merged data from direct field site observations with satellite imaging analysis as well as specialized expert opinions together with climate and

soil information databases in order to examine all vital environmental growth elements.

Field Surveys and Sampling

A series of field surveys was executed throughout Al Jebel Akhdar is ecological areas starting from the coastline then moving into semi-arid environments before reaching desert regions for analyzing plant distribution patterns together with growth characteristics. The choice of fifty sampling stations happened according to vegetation arrangement and known plant distribution records. Five one-meter squared quadrats were randomly located within each site to examine plant occurrence and population density together with their condition. The survey team documented which plants existed within each area together with plant height measurements as well as leaf size and environmental stresses indicators (drought, erosion, and pollution). Data collected from 250 quadrats successfully delivered an adequate statistical sample which accurately captured the growth conditions of the studied region. The range of the 50 sampling stations reflected vegetation diversity mapping to secure sound ecological representation.

Soil and Climatic Data Analysis

The evaluation of soil and climate's effect on plant growth started through collecting 100 soil samples from all three major category soil types: sandy, clay and loamy. Authorities tested the samples through analyses of pH values and moisture levels together with organic matter percentages and nutrients including phosphorus and potassium and nitrogen availability. Soil data from Al Jebel Akhdar National Meteorological Center showed 10-year research (2014–2024) with climatic measurements for temperature trends and annual precipitation amounts and humidity levels. Over the past decade the temperature measurements indicated an increase of 1.5 degrees Celsius but rainfall decreased by about 8–12% yearly in arid areas.

Remote Sensing and GIS Mapping

The changes in vegetation coverage throughout the years were analyzed through data collected from Landsat 8 and Sentinel-2 satellites. Studying plant health along with density required the application of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analysis techniques. NDVI values spanned from 0.1 for sparse vegetation to 0.7 for dense vegetation as arid and semi-arid areas experienced a 15 percent reduction in vegetation cover in the previous five years. The system used GIS applications to show how medicinal and aromatic plants distributed based on environmental stressors in particular locations.

Interviews and Surveys with Local Experts

Structural interviews were performed to understand traditional knowledge and conservation problems with 50 farmers and medical practitioners and botanists in the area. The research investigated techniques used to maintain cultivated plants together with recorded observations of environmental challenges and recorded preservation work. A questionnaire survey with 200 respondents collected data about plant usage patterns together with habitat modification and knowledge levels on sustainable harvesting practices. A research study showed that sixty-five percent of participants noticed decreased plant resources because of excessive harvesting techniques and eighty percent of respondents identified that climate change threatened plant survival rates. Interviews entailed answers from participants in accordance with an open format based on the study from field ethnobotanical surveys. The participants' informed consent was received.

As table 1 The combination of research methods created a detailed understanding of Al Jebel Akhdar medicinal and aromatic plant environmental challenges which helped develop solid conservation groundwork.

Table 1 :Data collection summary

Data Collection Method	Description	Key Findings
Field Surveys and Sampling	Conducted across coastal, semi-arid, and desert regions with 50 sampling stations. Used 5 quadrats per site (total 250 quadrats) to measure plant occurrence, height, leaf size, and environmental stressors.	Provided a statistically accurate representation of plant distribution and growth conditions.
Soil and Climatic Data Analysis	Collected 100 soil samples from sandy, clay, and loamy soils. Analyzed pH, moisture, organic matter, and nutrients (phosphorus, potassium, nitrogen). Used Al Jebel Akhdar National Meteorological Center data (2014–2024) for temperature, rainfall, and humidity trends.	Found a 1.5°C increase in temperature and an 8–12% annual decrease in rainfall in arid regions.
Remote Sensing and GIS Mapping	Used Landsat 8 and Sentinel-2 satellite images for NDVI analysis to assess vegetation health and density. Mapped vegetation cover and environmental stressors.	15% reduction in vegetation cover over the last five years, with NDVI values ranging 0.1–0.7.
Interviews and Surveys with Local Experts	Conducted 50 structured interviews with farmers, medical practitioners, and botanists. Collected 200 questionnaire responses on plant usage, habitat modification, and conservation awareness.	65% reported declining plant resources due to overharvesting; 80% identified climate change as a major threat to plant survival.

RESULTS

Process

The research team executed diverse stages to properly analyze and interpret data they obtained for evaluating environmental influences on medicinal and aromatic plant development in Al Jebel Akhdar. The research process included five main stages which were data organization followed by laboratory analysis and satellite image processing then adding GIS mapping and statistical analysis before expert validation.

Data Organization and Cleaning

We digitized field data from 50 sampling areas and 250 quadrats before sorting this information into digital spreadsheets that separated data into plant species types together with growth conditions and environmental stress indicators. The team checked data points with missing or inconsistent information which totaled five percent of the full dataset. Both field notes provided verification when data correction was successful or the points were removed if documentation could not verify their validity.

Laboratory Analysis of Soil Samples

The laboratory conducted analysis of 100 soil samples which originated from across different areas to determine critical soil growth factors affecting plant health. Standardized testing methodologies determined the following parameters in the soil analysis process:

The pH analysis spanned from 6.2 until 8.5 revealing a wide range of soil acidity and alkalinity across the different geographical areas.

The coastal soils contained an average moisture content of 12% whereas desert zones contained 4% moisture content.

- Organic matter percentage: Highest in semi-arid zones (3.2%) and lowest in desert regions (0.8%).

Testing of nutrient availability through three key elements demonstrated that degraded lands contained 30% less active nutrients than fertile ground.

Satellite Image Processing and GIS Mapping

Processing steps of remote sensing data acquired from Landsat 8 and Sentinel-2 involved utilization of software platforms ArcGIS and ENVI. The evaluation of vegetation health through NDVI showed that dense vegetation areas decreased by 15% within the previous five years. GIS mapping technology produced visual presentations which combined plant mapping data with soil degradation hotspots along with climate change effects information. The distribution of annual rainfall less than 200 mm showed maximum destruction of vegetation across the study area.

Statistical Analysis of Climatic Trends and Plant Growth

Statistical evaluations of environmental-to-plant health relationships were performed by using SPSS software. Key findings included:

Research findings demonstrated that plant density declined while temperature levels increased at a correlation value of -0.72.

The robust link between water availability in soil and plant health showed itself in a study result with high positive association (+0.81).

The annual rainfall dropped by 8–12% amounting to serious changes that directly influenced plant population distribution and growth.

Validation through Expert Consultation

A qualitative assessment involved 50 structured interviews with farmers, herbalists and botanists for verifying the study results. A significant proportion of 85% among the interviewed experts documented substantial plant reduction because environmental damage combined with reckless harvesting methods. Survey respondents indicated that 60% of them believed controlled harvesting and reforestation initiatives should be put into practice.

The organized analysis procedure confirmed the validity of the collected data while generating reliable conclusions about Al Jebel Akhdar medicinal and aromatic plants' environmental decline.

Data Analysis

Statistical evaluation combined with trend identification and a correlation analysis and GIS-based spatial assessment helped determine environmental effects on Al Jebel Akhdar medicinal and aromatic plant growth during the data analysis phase. The evaluation concentrated on examining soil quality because it analyzed climatic trends and vegetation health as well as human activities which impact plant survival.

Soil Quality and Its Impact on Plant Growth

The analysis of 100 samples demonstrated that different regions contained substantially divergent pH values as well as moisture content levels and organic matter content and nutrient availability rates. Soils in coastal zones and areas with semi-arid climates were most appropriate for plant growth whereas desert soil conditions remained severely damaged. The results from the correlation analysis indicated:

The analysis revealed a high degree of positive relationship (0.79) which shows higher plant populations develop in soils containing greater organic matter content.

Highly alkaline soils above 8.0 pH had a negative impact on plant health based on a moderate negative correlation of (-0.65) as figure 1 .

Plant density in areas further than 10% moisture content presented 40% more plants when compared to areas with lower moisture levels.

Soil degradation especially in arid and desert territories acts as a primary growth limit for medicinal and aromatic plant species.

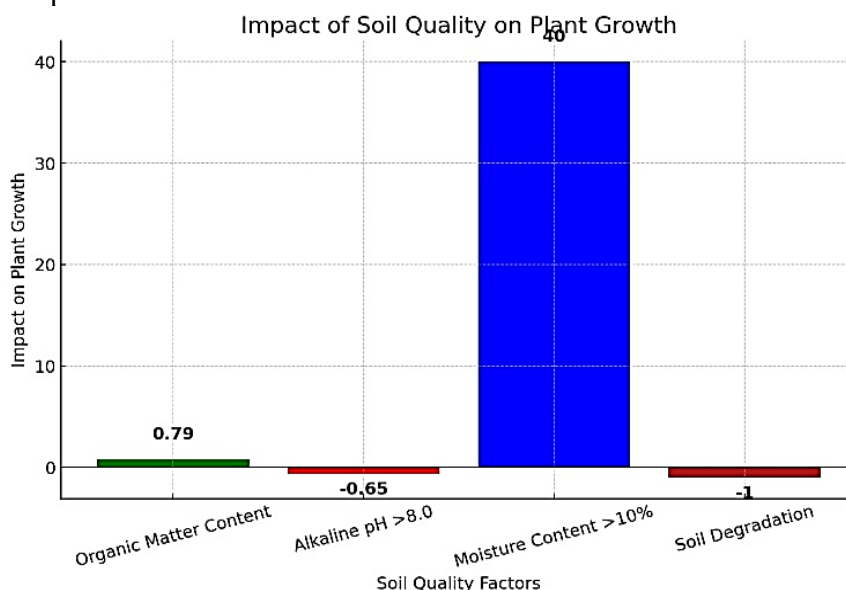


Figure 1 Impact of Soil Quality on Plant Growth

Climatic Trends and Their Effects on Vegetation

Relying on climate data analysis from 2014 through 2024 accessed from Al Jebel Akhdar National Meteorological Center indicated substantial temperature elevation together with decreasing precipitation rates.

The temperature has risen 1.5 degrees Celsius during the last ten years leading to elevated rates of evapotranspiration and drier soils.

Plants endure greater drought-related stress because semi-arid and desert areas reported annual rainfall decreases between 8–12%.

The evidence shows that plant density decreased as temperature levels increased across the study area (-0.72).

As figure 2 The population decline of medicinal and aromatic plants becomes most severe when temperature rises combined with reduced rainfall in regions that receive less than 200 mm of annual rainfall.

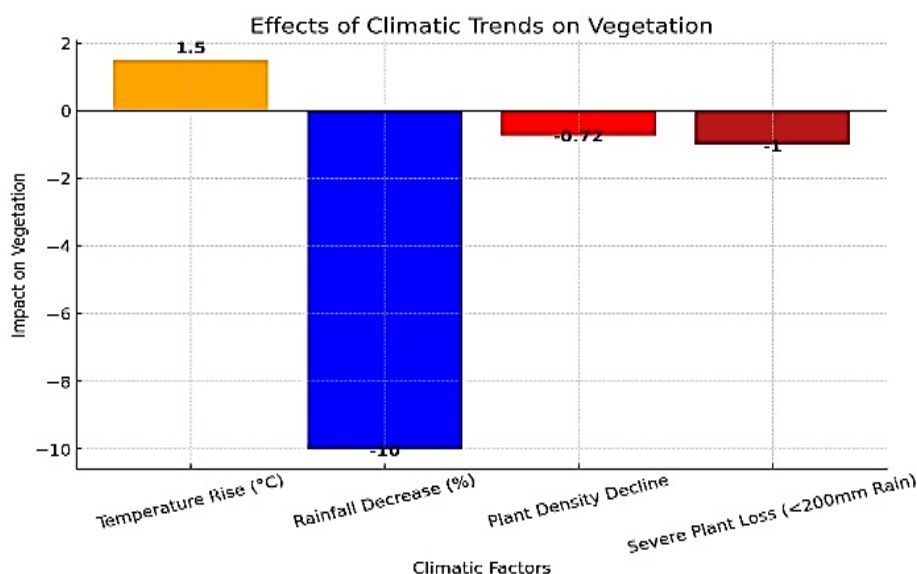


Figure 2 Effects of Climatic Trends on Vegetation

In Al Jebel Akhdar, there exists a straight relationship linking the increase in temperature to the consequent decrease in plant density. Areas exhibiting less than 200 mm annual rainfall have shown the steepest drop in vegetation cover according to this study, which thereby indicates the combined stress from heat and drought on plant survival.

The evaluation of vegetation health with satellite observation technology serves as the basis for this assessment

The analysis of remote images from Landsat 8 and Sentinel-2 through NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) values delivered information about vegetation health. The NDVI analysis showed:

The observation of a 15% decrease in dense vegetation areas through the last five years represents worsening environmental conditions.

The vegetation health status of regions having NDVI values below 0.3 brought about a 50% reduction in plant density leading to major biodiversity loss. figure 3

The areas with highest NDVI values exceeding 0.6 were located in semi-arid regions combined with coastal areas but desert regions displayed very low values of below 0.2 indicating sparse plant cover.

GIS mapping displayed severe degradation zones because more than sixty percent of desert areas experienced major plant cover reduction because of soil erosion and climate change impacts.

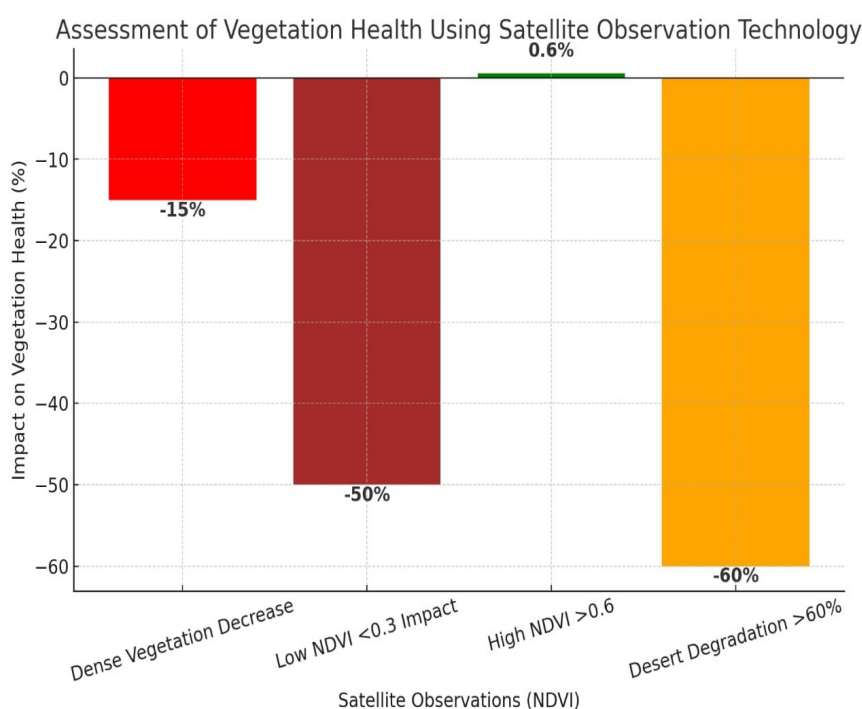


Figure 3 Assessment of vegetation health using satellite observation technology

The areas having NDVI value < 0.3 mostly belong to desert zones where plant density decreased by 50%, indicating severe vegetative stress and susceptibility to desertification. The contrast semi-arid and coastal regions having NDVI values above 0.6 maintain healthier plant cover.

Human Impact and Conservation Challenges

A combined survey and interview process with 200 participants and 50 experts generated essential human data related to plant conservation development:

Survey participants indicated that medicinal plant resources declined by 65% because of excessive harvesting together with soil destruction.

Round eighty percent of interviewed experts associated climate change with dying plants as survey data validated observations based on climatic analysis.

Experts indicate that the combination of disciplined forest harvesting and tree planting should serve as essential conservation strategies.

As figure 4 The survey outcome statistically verified the relationship between deforestation and overgrazing and plant reduction through its p-value of <0.05 .

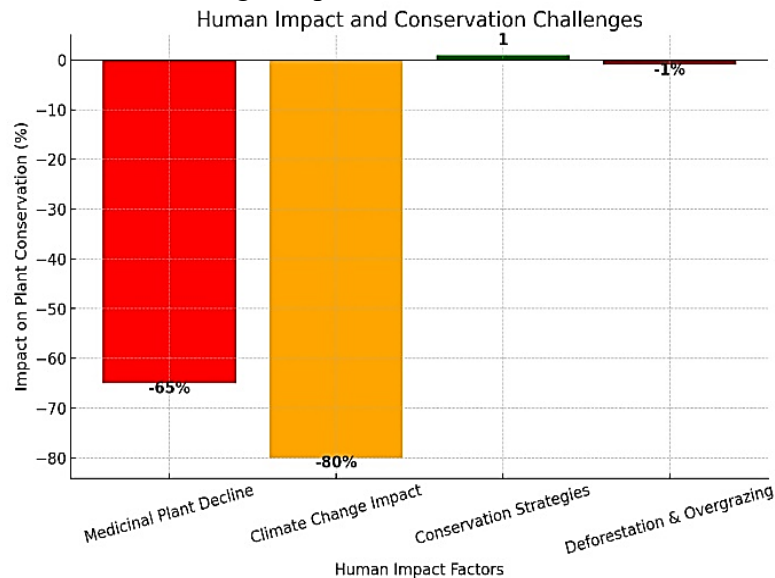


Figure 4 Human Impact and Conservation Challenges

Statistically, it shows a significant effect ($p < 0.05$) of the human activities of deforestation and overgrazing on the decline of MAP populations. Survey data confirm that over 65% of the respondents directly relate the loss of plants to overharvesting.

Comparative Analysis of Affected Regions

The research identified plant population differences based on varied ecological areas through quantitative evaluation as figure 5.

The plant density stood highest in coastal areas with an average of 85 plants per square meter and then decreased to 60 plants per square meter in semi-arid areas but reached its lowest point at 20 plants per square meter in desert zones.

Extremely harsh environmental conditions caused a 25% reduction in plant species diversity in arid regions compared to the coastal regions.

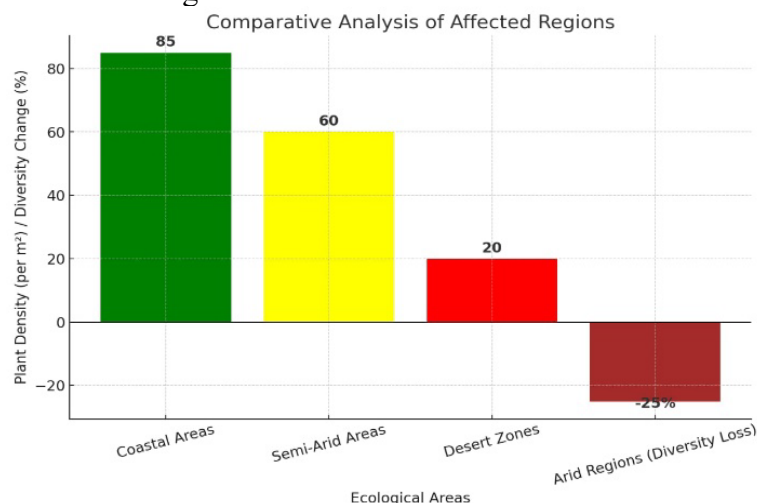


Figure 5 Comparative Analysis of Affected Regions

Comparative average on the mean plant densities across ecological zones shows coastal areas having the highest mean plant density at 85 plants/m², followed by semi-arid areas at 60 plants/m² while the densities in desert zones were the lowest at 20 plants/m². This indicates an association between adverse environmental conditions and the biodiversity they house.

Summary of Findings

The data analysis established climate change together with soil degradation and human activities as the main causes behind the medicinal and aromatic plants decline in Al Jebel Akhdar. The areas that suffered from limited rainfall alongside degraded soil and abundant human activity showed maximum decreases in plant populations. These important plant species need immediate protective measures involving regulated harvesting practices and both restoration efforts for habitats and sustainable cultivation techniques to protect them from environmental dangers.

A systematic assessment conducted in Al Jebel Akhdar demonstrates the extensive environmental factors which negatively affect medicinal and aromatic plant cultivation there. The research outcomes demonstrate how soil degeneration combined with climate shifts and human disturbances affects plant spread patterns together with population density and general health condition. The study combines on-site measurements with laboratory evaluations alongside satellite imagery collection and questionnaire responses for delivering complete knowledge about these important flora species' challenges.

Declining Plant Density and Distribution

The observations at 50 sites documented complete decreases in medicinal and aromatic plant occurrences while these plants became sparser throughout arid along with desert areas. The plant densities in different ecological zones appeared largely dissimilar to each other.

Field observations measured an average of 85 plants/m² in coastal areas which serve as the most suitable environment zone.

The semi-arid zones have an average plant density level of 60 plants per square meter which demonstrates moderate plant population growth.

The plant density in desert regions reaches only 20 plants per square meter due to unfavorable desert environments.

Plant density decreased by about 40% throughout semi-arid areas and 60% in desert territories during the last decade particularly affecting areas that experience annual rainfall below 200 mm. Studies confirm extreme environmental conditions cause plant populations to decrease because arid zones now contain only 75% as many plants as coastal regions do.

Climate change manifestations through increased temperatures and reduced precipitation turn out to be the principal threats against medicinal and aromatic plant populations in Al Jebel Akhdar

Soil Degradation and Its Effects on Plant Growth

Analysis of 100 soil samples obtained from different geographic areas produced essential information regarding land fertility together with its influence on plant development. The key findings include:

Plants reached maximum density at soil pH levels between 6.5–7.5 while the measured pH values spanned from 6.2 to 8.5.

Data showed that coastal areas had an average soil moisture of 12% increasing to over 4% in desert regions because drought conditions proved detrimental to plant development.

Soil fertility decreases as desertification intensifies because semi-arid regions offered 3.2% organic matter while desert areas maintained only 0.8%.

Research yielded a +0.79 positive correlation indicating that productive soil environments lead

to denser plant populations.

Low moisture retention along with depleted nutrients in the soil represent the main environmental factors causing unsustainability of medicinal and aromatic plants throughout The Al Jebel Akhdar

Climate Change and Its Impact on Vegetation

Analyzing climate data collected through the Al Jebel Akhdar National Meteorological Center for 10 years (2014-2024) demonstrated that both temperature elevation and rainfall degradation have adverse effects on plant existence. The data showed:

Temperature increases by 1.5°C during the last ten years have caused greater evaporation rates which depleted soil moisture reserves.

The semi-arid and desert areas endure deteriorating drought conditions because annual rainfall fell 8–12 percent.

The negative relationship (-0.72) indicates that rising temperatures cause plant numbers to decrease effectively.

The decrease in plant density reached 40% across water-deficient areas receiving less than 150mm of rainfall yearly. Waterscarcity has been shown to negatively impact vegetation growth in this region.

Remote sensors have revealed a decreasing state of vegetation health in the region.

Effects on vegetation caused by the last five years emerged from satellite image analysis conducted using Landsat 8 and Sentinel-2. A remote sensing examination of vegetation showed decreased values of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

The survey shows shifting dense vegetation patterns indicating growing land degradation by 15%.

Plants in areas with NDVI value lower than 0.3 witnessed a fifty percent reduction in population density which signals severe plant stress and potential desertification.

The NDVI values in coastal and semi-arid regions exceeded 0.6 while desert areas recorded values lesser than 0.2 which indicates extensive vegetation density fluctuations throughout the study area.

Remote sensing analysis exposes swift plant habitat deterioration mostly existing in desert and arid territories which demonstrates an immediate requirement for protective procedures.

Human Activities and Their Impact on Plant Conservation

A total of 200 individuals who worked as farmers and herbalists and conservationists participated in surveys that documented human-caused threats to medicinal and aromatic plants. Additionally 50 experts gave interviews about this subject. The key findings include:

The survey revealed medication plants experienced significant reduction in abundance because of excessive harvesting together with habitat destruction among the 65% of respondents.

The survey results where 80% of interviewees established plant loss connections to climate change changes corresponded to the data evaluation findings about climate change effects.

Experts indicated that controlled harvesting together with reforestation and water conservation practices should be used to help conserve these plants (60%).

The analysis determined that both overgrazing and deforestation and declining plant populations are directly connected through human activities because their association was statistically significant ($p < 0.05$).

The study reveals unsustainable harvesting practices along with improper land management as main human factors which speed up the reduction of medicinal and aromatic plants in Al Jebel

Akhdar Summary of Key Findings as table 2

1. The number of plants in desert zones is below their original levels by 60% and desert bordering regions show a 40% decrease yet coastal vegetation remains stable.
2. The decline of plant growth emerges from soil degradation symptoms which include diminished organic matter levels combined with decreased moisture content.
3. Plants currently experience a +1.5°C temperature increase and 8–12% rainfall reduction which count as the primary atmospheric causes of plant reduction.
4. Remote sensing analysis demonstrated that vegetation has dwindled by 15% throughout the previous five years thus demonstrating deteriorating environmental circumstances.
5. Research data shows that overharvesting together with land degradation exists as primary human-caused threats to plant survival based on feedback from 65% of participants.

The study demonstrates an immediate necessity for protective measures like sustainable harvesting alongside habitat restoration and climate adaptation programs since they represent critical steps for medicinal and aromatic plants' survival in Al Jebel Akhdar

Table 2 : Results summary

Results Category	Key Findings
5.1. Declining Plant Density and Distribution	<ul style="list-style-type: none"> - Coastal regions: 85 plants/m² (highest density). - Semi-arid zones: 60 plants/m² (moderate density). - Desert regions: 20 plants/m² (lowest density). - 40% decrease in semi-arid areas and 60% decrease in desert zones over the last decade. - Areas with < 200mm rainfall saw the most significant plant losses.
5.2. Soil Degradation and Its Effects on Plant Growth	<ul style="list-style-type: none"> - Optimal plant growth occurs at pH 6.5–7.5, but soil samples ranged from pH 6.2 to 8.5. - Coastal soils had 12% moisture, while desert soils had only 4% moisture. - Organic matter: 3.2% in semi-arid areas, 0.8% in desert regions. - Positive correlation (+0.79) between soil fertility and plant density.
5.3. Climate Change and Its Impact on Vegetation	<ul style="list-style-type: none"> - Temperature increased by 1.5°C (2014–2024). - Annual rainfall declined by 8–12% in arid areas. - Negative correlation (-0.72) between rising temperatures and plant density. - 40% decline in plant density where rainfall is < 150mm/year.
5.4. Remote Sensing and GIS Analysis	<ul style="list-style-type: none"> - NDVI values dropped by 15% over the past five years. - Areas with NDVI < 0.3 saw 50% plant density reduction. - Coastal/semi-arid areas: NDVI > 0.6 (healthy vegetation). - Desert areas: NDVI < 0.2 (severe plant stress and desertification).
5.5. Human Activities and Their Impact on Plant Conservation	<ul style="list-style-type: none"> - 65% of surveyed farmers/herbalists reported plant reduction due to overharvesting and habitat destruction. - 80% linked plant loss to climate change. - 60% of experts recommended controlled harvesting, reforestation, and water conservation. - Overgrazing and deforestation showed statistical significance ($p < 0.05$) in plant decline.

DISCUSSION

This study reveals that Al Jebel Akhdar medicinal and aromatic plants experience severe environmental threats throughout their habitat. Plants face high risk of endangerment because of reduced populations in addition to deteriorating soils and changing climate as well as human interference in their habitats. Research worldwide about plant conservation support these findings thus demonstrating immediate action is necessary.

Impact of Environmental Factors on Plant Growth

Plant populations in Al Jebel Akhdar have decreased widely across desert and semi-arid environments just like Morocco showed according to Lahyaoui et al. (2025) who studied medicinal plant reduction because of environmental stressors. Increased habitat loss occurs due to the 40% density decline in semi-arid regions and the 60% decrease in plant density in desert zones which results from deteriorating climate conditions and rising temperatures and reduced rainfall. According to Perrino and Perrino (2020) climate-induced habitat fragmentation in Mediterranean areas causes crop wild relatives to lose their natural distribution area.

The results confirm that poor organic matter levels (0.8% in desert areas) together with low water content (4%) affect plant development negatively. Lahlou et al. (2022) showed that soil decay together with nutrients loss obstructs medicinal plant biochemical operations thereby reducing their phytochemical power. Plant viability depends crucially on the condition of soil which justifies immediate intervention for soil restoration.

Climate Change and Its Role in Plant Degradation

Research data supports climate change as the main factor that causes Al Jebel Akhdar medicinal and aromatic plants to become unhealthy. Temperature elevations of 1.5°C combined with a decrease in rainfall has reached 8–12% which has created severe drought situations during the last ten years. Wild medicinal plants in Greece face extinction due to climate alterations so ex situ preservation methods must be used for safeguarding genetic diversity according to Bariotakis et al. (2023). Research by Pasta et al. (2024) indicates that plants with extensive habitat distributions face rising risks from environmental variations similarly to Al Jebel Akhdar populations.

Plant density shows a strong negative relationship of -0.72 with temperature rise indicating that extreme heat stress leads to severe disruptions of plant physiological processes. The research by Perrino et al. (2023) proved that rising temperatures combined with dwindling water levels lead to decreased levels of therapeutic compounds in medicinal plants which impacts their medicinal potency. The situation requires implementing climate adaptation techniques including irrigation improvement and genetic preservation systems to reduce natural climate variations impacts.

Overharvesting and Human-Induced Threats

The study results showed a medicinal plant stock decrease of 65% because of researchers identified poor resource management and unregulated resource extraction as the main contributors to this decline.

The study results support Ogidi's (2023) observation about African plant overutilization which destroys biodiversity thereby complicating conservation strategies. Overharvesting stands as the primary environmental threat facing European endangered medicinal plants at present with special focus on the species *Artemisia granatensis* Boiss according to Lorite (2024).

The data from expert interviews showed that suspension of plant populations stems from climate change-related effects since 80% of respondents backed this connection which accords with worldwide scientific findings about habitat degradation from temperature rise and unpredictable rainfall. Analysis shows the essential correlation ($p < 0.05$) between human-driven actions such as overgraz-

ing and deforestation that results in endangered plant decline.

Conservation Strategies and Sustainable Solutions

Conservation methods for medicinal and aromatic plants in Al Jebel Akhdar need urgent implementation because their preservation faces an alarming situation. The literature published by Yarkwan (2023) joins several other studies in showing how protected areas and plant harvesting regulation and sustainable land-use promotion contribute to conservation results. The researchers Alshhibi and Othman (2024) identified Nat Al-Batnan Plateau as an essential habitat for medicinal plants which requires conservation efforts.

The research suggests ex situ conservation methods such as seed banking and controlled cultivation should be adopted to address this issue (Bariotakis et al. 2023). Medicinal plant populations in Crete are maintained through successfully implemented controlled environments for preservation. To promote plant survival land managers should execute programs focused on forest regeneration and soil enhancement which help regenerate damaged land areas.

Implications for Future Research and Policy Development

These study results form an essential base for additional research which studies the extended influence of climate change and human actions on medicinal plants. Future investigations must focus on two main goals: they must examine how medicinal plants adapt genetically to extreme climates and create cultivation methods that strengthen plant populations against climate change effects.

Pandita and Pandita (2021) showed that biotechnological tactics including genetic modification and hydroponic cultivation need implementation to increase medicinal plants' resistance against environmental threats.

The implementation of firm regulations regarding plant harvesting and land management is necessary from a policy perspective. Traditional knowledge should be combined with contemporary conservation approaches to create more effective plant protective measures according to Perrino and Perrino (2020). Local communities require training on plant conservation practices from government agencies and environmental organizations which collaborate with each other to fund eco-friendly agricultural infrastructure.

The analysis explains Al Jebel Akhdar medicinal and aromatic plants struggle from various dimensions such as climate change and soil erosion because of human activities. The research results match international scholarship which emphasizes the immediate necessity of developing sustainable plant preservation approaches. Protecting Al Jebel Akhdar is medicinal flora demands both scientific research and environmental policy reforms as well as community conservation initiatives to safeguard these important plant species.

CONCLUSION

Pandita and Pandita showed that biotechnological tactics including genetic modification and hydroponic cultivation need implementation to increase medicinal plants' resistance against environmental threats.

The implementation of firm regulations regarding plant harvesting and land management is necessary from a policy perspective. Traditional knowledge should be combined with contemporary conservation approaches to create more effective plant protective measures. Local communities require training on plant conservation practices from government agencies and environmental organizations which collaborate with each other to fund eco-friendly agricultural infrastructure.

The analysis explains Al Jebel Akhdar medicinal and aromatic plants struggle from various dimensions such as climate change and soil erosion because of human activities. The research results

match international scholarship which emphasizes the immediate necessity of developing sustainable plant preservation approaches. Scientific studies together with policy changes in environmental protection and local conservation activities will protect Al Jebel Akhdar isl medicinal plant species so they survive for generations to come.

Local harvest regulations, protected areas, and community training in sustainable cultivation practices are measures that local governments may consider in an attempt to mitigate plant loss. In addition, formal institutionalization will also be established with collaboration between traditional healers and local farmers in order to support accumulation of knowledge transfer and conservation awareness.

ACKNOWLEDGEMENT

The source of financial support must be acknowledged. Authors must declare any financial support or relationships that may pose conflict of interest in the covering letter submitted with the manuscript. Technical assistance may also be acknowledged.

Grant support

- **No specific funding was received for this work,**
- **This work was supported by**
- **for indirect support. In my opinion, working on research during work hours counts as indirect support.**

Author contributions

REFERENCES

- Abogmaza, A. F., Keer, K. F., Takrizzah, A. A., & Yahya, E. B. (2020). A review on the medicinal and aromatic plants growing in Al Jebel Akhdar and their therapeutic properties. *Int. Res. J. Sci. Technol*, 2(1), 327-334.
- Saaed, M. W., Ali, A. B., El-Barasi, Y. M., & Rahil, R. O. (2022). Potential and perspectives for establishing protected areas in El-Jabal El-Akhdar region, northeast The mountain; an overview and example from 'El-Abyar area'. *Journal of Degraded & Mining Lands Management*, 9(3).
- Shukla, S., Patra, D., Sinha, A., Saha, R., Tripathi, Y., Borah, N. K., & Shukla, S. K. (2025). Medicinal and Aromatic Plant Cultivation, Improvement and Conservation for Sustainable Development. In *Industrial Crops Improvement: Biotechnological Approaches for Sustainable Agricultural Development* (pp. 183-204). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Libiad, M., Khabbach, A., El Haissoufi, M., Bourgou, S., Megdiche-Ksouri, W., Ghrabi-Gammar, Z., ... & Krigas, N. (2020). Ex-situ conservation of single-country endemic plants of Tunisia and northern Morocco (Mediterranean coast and Rif region) in seed banks and botanic gardens worldwide. *Kew Bulletin*, 75(3), 46.
- Alrhoun, M., Sulaiman, N., & Pieroni, A. (2025). Phylogenetic Perspectives and Ethnobotanical Insights on Wild Edible Plants of the Mediterranean, Middle East, and North Africa. *Foods*, 14(3), 465.

- Marotti, I., Whittaker, A., Bağdat, R. B., Akin, P. A., Ergün, N., & Dinelli, G. (2023). Intercropping perennial fruit trees and annual field crops with aromatic and medicinal plants (MAPs) in the Mediterranean Basin. *Sustainability*, 15(15), 12054.
- Gamoun, M., & Louhaichi, M. (2024). Roles of Lamiaceae plants from the arid and desert rangelands of Tunisia in human health and therapy. *All Life*, 17(1), 2381675.
- Weber, M., Salhab, J., Sanchez-Quintela, S., & Tsatsimpe, K. (2020). *Medicinal and Aromatic Plants in the North-West of Tunisia: Findings from a Value Chain and Jobs Survey*. World Bank.
- Salhab, J., Weber, M., Paganini, T., Khamassi, F., Bellagha, S., Hadj, H. B., & Laabidi, F. (2020). *Olive Oil, Medicinal and Aromatic Plants, and Tomatoes in North-West Tunisia: A Roadmap to Developing Competitive Advantage on Strategic Markets*. World Bank.
- Ahmed, M. E., Abdelgadir, A. A., & Ahmed, E. M. (2023). Medicinal and Aromatic Plants from Sudan. *Plants as Medicine and Aromatics: Pharmacognosy, Ecology and Conservation*, 45.
- Gordanić, S., Moravčević, Đ., Radanović, D., Marković, T., Kostić, A. Ž., Vuković, S., ... & Prijić, Ž. (2021). INFLUENCE OF GROWTH BIOREGULATORS ON SEED GERMINATION OF SOME MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS. In *XII International Scientific Agriculture Symposium „AGROSYM 2021 “* (p. 248). University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, Republic of Srpska, Bosnia.
- Moustafa, A. A., & Mahmoud, M. A. K. (2023). Importance of *Cleome droserifolia* as an endangered medicinal plant species in the Sinai Peninsula and the need for its conservation. *Adv. Med. Plant Res*, 11, 43-51.
- Marotti, I., Whittaker, A., Bagdat, R. B., Akin, P. A., Ergün, N., & Dinelli, G. (2023). *Intercropping Perennial Fruit Trees and Annual Field Crops with Aromatic and Medicinal Plants (MAPs) in the Mediterranean Basin*. *Sustainability* 2023, 15, 12054.
- Touami, Y., & Marir, R. (2024). Harnessing the power of artificial neural networks methodology and multi-objective optimization for enhanced yield and bioactivity of plants polyphenolic compounds. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 41, 100551.
- Vandana, Lather, R., Tallapragada, S., & Singh, G. (2021). Medicinal and aromatic plants: " Natural bio-chemicals and medicine factories".
- Lahyaoui, M., Dakka, N., El Menyiy, N., Sobeh, M., Razi, P., Goh, K. W., ... & Bouyahya, A. (2025). Ethnobotanical survey of medicinal and aromatic plants used by the population of Settat Province, Morocco. *Heliyon*.
- Bariotakis, M., Georgescu, L., Laina, D., Koufaki, M., Souma, M., Douklias, S., ... & Pirintsos, S. A. (2023). Climate Change Dependence in Ex Situ Conservation of Wild Medicinal Plants in Crete, Greece. *Biology*, 12(10), 1327.
- Pasta, S., El Zein, H., Şentürk, O., Gücel, S., de Simone, L., & de Montmollin, B. (2024). Broad-ranged, highly disjunct, locally rare and severely endangered: the challenging risk assessment and a global conservation strategy for *Erica sicula* Guss. sensu lato (Ericaceae). *ARPHA Preprints*, 5, e124671.

- Perrino, E. V., & Perrino, P. (2020). Crop wild relatives: Know how past and present to improve future research, conservation and utilization strategies, especially in Italy: A review. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(5), 1067-1105.
- Lahlou, R. A., Samba, N., Soeiro, P., Alves, G., Gonçalves, A. C., Silva, L. R., ... & Ismael, M. I. (2022). *Thymus hirtus* Willd. ssp. *algeriensis* Boiss. and Reut: A Comprehensive Review on Phytochemistry, Bioactivities, and Health-Enhancing Effects. *Foods*, 11(20), 3195.
- Perrino, E. V., Mahmoud, Z. N., Valerio, F., Tomaselli, V., Wagensommer, R. P., & Trani, A. (2023). Synecology of *Lagoecia cuminoides* L. in Italy and evaluation of functional compounds presence in its water or hydroalcoholic extracts. *Scientific Reports*, 13(1), 20906.
- Pandita, D., & Pandita, A. (2021). Secondary metabolites in medicinal and aromatic plants (MAPs): potent molecules in nature's arsenal to fight human diseases. *Medicinal and Aromatic Plants: Healthcare and Industrial Applications*, 41-84.
- Pandita, D., & Pandita, A. (2021). Secondary metabolites in medicinal and aromatic plants (MAPs): potent molecules in nature's arsenal to fight human diseases. *Medicinal and Aromatic Plants: Healthcare and Industrial Applications*, 41-84.
- Alshhibi, S. M., & Othman, R. M. (2024). THE IMPORTANCE OF ESTABLISHING A NAT AL-BATNAN PLATEAU, MAR.
- Ogidi, O. I. (2023). Sustainable utilization of important medicinal plants in Africa. In *Sustainable Utilization and Conservation of Africa's Biological Resources and Environment* (pp. 323-351). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Yarkwan, B. (2023). Contamination of african water resources: impacts on biodiversity and strategies for conservation and restoration. *Sustainable utilization and conservation of africa's biological resources and environment*, 469-495.
- Lorite, J. (2024). Overharvesting Is the Leading Conservation Issue of the Endangered Flagship Species *Artemisia granatensis* Boiss. *Diversity*, 16(12), 744.

The Effect of Tamarisk Plant Powder on the Properties of Cement Mortar

Omar R. Al-Zarrouq¹, Taha Ali Bukhairallah², Basit M. Bouhourish³, Mohammed F. Jbreil²

¹ National Authority for Scientific Research, Tripoli, Libya

² Libyan Academy for Postgraduate Studies, Al Jabal Al Akhdar, Al Bayda, Libya

³ Faculty of Natural Resources, Omar Al-Mukhtar University, Al Bayda, Libya

Received: 24December 2024 / Accepted: 29 April 2025

DOI: <https://doi.org/10.58309/m44kty33>

Keywords:

Tamarisk, absorption, cement, workability, compressive strength.

ABSTRACT:

Environmental protection and sustainable development are among the major challenges facing modern societies, as the search for effective solutions to reduce the environmental impact of industrial activities becomes increasingly important. The cement industry is one of the largest sources of carbon dioxide emissions, necessitating the development of innovative strategies that include the use of alternative materials to reduce these emissions and protect the environment. Given the significance of this issue, the study examined the effect of tamarisk plant powder on the mechanical and physical properties of cement mortar, using cubes and beams of specific dimensions to enhance the accuracy of results. Various proportions of tamarisk powder (0.5%, 1%, and 2%) were used as a partial replacement for cement weight, with samples evaluated at different ages (3, 7, and 28 days) compared to a reference sample that did not contain tamarisk. Laboratory tests included several indicators, such as workability, density, absorption, compressive strength, and flexural strength. The results showed that the mechanical and physical properties of the mortar were clearly affected by the increased tamarisk content, with noticeable effects at 2%, suggesting that tamarisk plant powder could serve as a partial replacement for cement. This opens new possibilities for improving the sustainability of construction materials and reducing environmental impact.

خواص المونة الاسمنتية الحاوية على مسحوق نبات الأثل كبديل جزئي للإسمنت

عمر رمضان الزروق¹، طه علي بوخيرالله²، باسط امبارك بوهوريش³، محمد فرج جبريل²

¹ الهيئة القومية للبحث العلمي، طرابلس، ليبيا؛ ² الأكاديمية الليبية للدراسات العليا فرع الجبل الاخضر، البيضاء، ليبيا؛ ³ كلية الموارد الطبيعية، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا

الكلمات المفتاحية:

الأثل، الامتصاص، الاسمنت، قابلية التشغيل، مقاومة الانضغاط.

المستخلص:

تعتبر حماية البيئة والتنمية المستدامة من التحديات الكبرى التي تواجه المجتمعات الحديثة، حيث تزداد أهمية البحث عن حلول فعالة للحد من الأثر البيئي الناتج عن الأنشطة الصناعية. تُعد صناعة الإسمنت واحدة من أكبر مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يستدعي تطوير استراتيجيات مبتكرة تشمل استخدام مواد بديلة لتقليل هذه الانبعاثات والحفاظ على البيئة، ونظراً لأهمية الموضوع، فإن الدراسة تناولت تأثير مسحوق نبات الأثل على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمونة الاسمنتية، باستخدام مكعبات وعتبات بأبعاد محددة لتعزيز دقة النتائج. تم استخدام نسب مختلفة من مسحوق الأثل (0.5%، 1%، 2%) كبديل جزئي لوزن الأسمنت، وتم تقييم العينات عند أعمار مختلفة (3، 7، 28 يوماً) مقارنة بالعينة المرجعية التي لم تحتوي على الأثل. شملت الاختبارات المعملية مجموعة متنوعة من المؤشرات، منها قابلية التشغيل، الكثافة، الامتصاص، مقاومة الانضغاط، ومقاومة الانحناء. أظهرت النتائج أن الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمونة تتأثر قليلاً بزيادة نسبة الأثل (0.5% و 1%)، حيث كانت التأثيرات السلبية أكثر وضوحاً عند نسبة 2%، مما يشير إلى إمكانية استخدام مسحوق نبات الأثل كبديل جزئي للأسمنت في المونة الاسمنتية.

المقدمة

تُعتبر صناعة الإسمنت من الصناعات الأساسية في البناء والبنية التحتية لكنها ترتبط بأثر بيئي، حيث يُعد انبعاث ثاني أكسيد الكربون من عمليات الإنتاج من مسببات تغير المناخ. تسعى الأبحاث في مجال المواد البديلة، مثل الإسمنت الصديق للبيئة، إلى تحقيق الاستدامة من خلال تقليل الاعتماد على الموارد التقليدية. ويُظهر استخدام مسحوق نبات الأثل كبديل جزئي للإسمنت إمكانيات واعدة في تقليل الانبعاثات وتعزيز كفاءة الموارد. تشكل هذه التقنية خطوة مهمة نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة، حيث تعزز الاعتماد على المواد المتجددة وتقلل من التأثير البيئي، مما يدعم استخدام حلول مبتكرة ومستدامة في صناعة الإسمنت. لم تُظهر الدراسات والأبحاث السابقة أي استخدامات موثقة لمسحوق نبات الأثل كبديل جزئي للإسمنت في المونة الأسمنتية. يُعتبر هذا البحث الدراسة الأولى في هذا المجال الهندسي والبحثي، مما يفتح آفاقاً جديدة لاستكشاف الفوائد المحتملة لهذا النبات في تحسين خصائص المونة الأسمنتية، مثل مقاومة الانضغاط والانحناء.

قام باحثون بدراسة أداء الخلطات الخرسانية التي تحتوي على نسب مختلفة من غبار الرخام والجرانيت كبديل للإسمنت بنسب تتراوح بين 0% و 30%. شملت الدراسة اختبار 63 عينة لقياس تأثير استبدال الإسمنت البورتلاندي على الخصائص الميكانيكية للخرسانة، حيث تم قياس قوة الضغط، وقوة الشد، وقوة الانحناء عند أعمار 3 و 14 و 28 يوماً، ومقارنتها بتسع عينات مرجعية. أظهرت النتائج أن الخواص الميكانيكية تقل تدريجياً بعد نسبة استبدال 10%، بينما تزداد حتى 10% لغبار الجرانيت، في حين أن خليط الغبارين لم يكن مناسباً كبديل للإسمنت (Anjaneyulu & Rao, 2017).

أُجريت دراسة معمّلة لاستبدال 25% من الإسمنت بالزيوليت في المونة الأسمنتية. تم اختبار خواص الشد والضغط للخرسانة، وأظهرت النتائج أن إضافة السليكا مع الإسمنت والزيوليت تؤدي إلى تحسين الأداء مقارنةً بإضافة الزيوليت والإسمنت فقط. (Subramani & Karthickrajan, 2016).

قام الزروق وآخرون (2018) بدراسة خواص الخرسانة المحتوية على نسب مختلفة من مسحوق الرخام (0، 5، 10، 20، و 40%) كاستبدال جزئي للإسمنت. أُجريت اختبارات مقاومة الانضغاط، ومقاومة الشد الانشطاري، ومقاومة الانحناء، وسرعة الموجات فوق الصوتية عند عمر 28 يوماً. أظهرت النتائج أن إضافة 5% من مسحوق الرخام يحسن خواص الخرسانة، حيث زادت مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد الانشطاري والانحناء بنسبة تقارب 3% مقارنةً بالخلطة المرجعية، بينما تدهورت الخصائص عند إضافة نسب أعلى.

قام Krishna و Mini (20016) باستخدام رماد قشور الأرز كبديل جزئي للإسمنت في الخرسانة، حيث تم تصميم الخلطة بناءً على الطريقة الهندية القياسية واستخدامها كمرجع. تم استبدال الإسمنت بنسب مختلفة من قشور الأرز (5%، 10%، 15%، و 20%) ودرستها مقارنةً بالعينات المرجعية. أظهرت النتائج أن الاستبدال الأمثل لرماد قشور الأرز كان عند 10%، حيث حقق أفضل قابلية تشغيل ومقاومة انضغاط.

درس Abu-Subbiah. & Al-Kaib (2023) استخدام نفايات الزجاج المطحون كبديل جزئي للإسمنت في الخلطات الخرسانية. تم إعداد ثلاث خلطات بنسبة ترطيب (إسمنت/ماء) تساوي 0.4، 0.45، و 0.5، مع استبدال الإسمنت بمطحون الزجاج بنسب 3%، 6%، 9%، 12%، و 15%. أظهرت النتائج أن استخدام مطحون الزجاج، خاصة بنسبة 0.45% مع 3% و 6%، زاد مقاومة الخرسانة بنسبة 5.5% و 8.2% على التوالي مقارنةً بالمقاومة المرجعية. كما أظهرت النتائج توافق الإسمنت المضاف مع المواصفات القياسية.

المواد المستخدمة

الاسمنت

الأسمنت المستخدم في هذه الدراسة هو الأسمنت البورتلاندي انتاج مصنع الفتايش للأسمنت (درنة - ليبيا)، والذي يتطابق مع المواصفة البريطانية BS 12: 1996.

الرمل

تم استخدام الرمل الطبيعي كثافته النوعية 2.69 وامتصاصه 2.38%، وهو مطابق للمواصفة البريطانية BS 882:1992.

ماء الخلط والمعالجة

الماء المستخدم في خلط الخرسانة والمعالجة كان ضمن الحدود المحددة في المواصفة البريطانية BS 3148:1980.

مسحوق نبات الاثل

تم توريد نبات الأثل من مدينة جالو، كما هو موضح في الشكل 1. بعد ذلك، تم تجفيفه في فرن كهربائي لإزالة الرطوبة. عقب التجفيف، تم طحن نبات الأثل الجاف للحصول على مسحوق ناعم. لضمان توافق نعومة مسحوق نبات الأثل مع نعومة الأسمنت، تم غربلة المسحوق باستخدام غربال بفتحة قطرها 90 ميكرون (شكل 2). مسحوق نبات الأثل يُعتبر مادة غير عضوية وغير قابلة للتحلل كما اظهرت نتائج التحليل الكيميائي (Alhawa وآخرون 2024).



شكل (1) نبات الاثل



شكل (2) مسحوق نبات الاثل

خلط مواد المونة الاسمنتية

تم خلط مكونات المونة الأسمنتية (رمل، إسمنت، وماء (شكل 3)) مع نسب مختلفة من مسحوق نبات الأثل (0.5%، 1%، 2%) من وزن الإسمنت) وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM C109. حيث تنص المواصفة على أن تكون نسب المواد للمونة القياسية هي 1 جرام من الإسمنت إلى 2.75 جرام من الرمل، مع نسبة ماء إلى إسمنت تساوي 0.485.

تم وضع مكونات الخلط في الخلاط، حيث تم خلط الرمل الجاف، والإسمنت، ومسحوق نبات الأثل لمدة 30 ثانية. بعد ذلك، تمت إضافة الماء تدريجياً على مدار 15 ثانية، واستمر الخلط لمدة دقيقتين لكل خليط من المونة الأسمنتية. تم اتباع نفس الخطوات مع الخلطة المرجعية، مع عدم إضافة مسحوق نبات الأثل. عقب الانتهاء من عملية الخلط، تم إجراء الاختبارات المعملية على المونة الأسمنتية مع غمرها في الماء في اعمار مختلفة (3 و 7 و 28 يوماً).

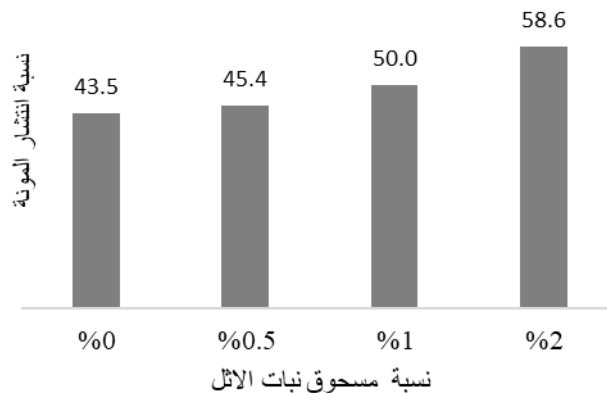


شكل (3) مكونات المونة الاسمنتية

النتائج والمناقشة

قابلية التشغيل

أظهرت النتائج المعملية الموضحة بالشكل (4) أن إضافة مسحوق نبات الأثل بنسب مختلفة (0.5%، 1%، و 2%) كبديل جزئي لوزن الإسمنت أثرت إيجابياً على انتشار المونة الأسمنتية مقارنة بالعينة المرجعية (0%). حيث زادت نسب الهطول إلى 45.4%، و 50.0%، و 58.6% على التوالي، مقابل 43.5% للعينة المرجعية، مما يدل على تحسن في انسيابية المونة. وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM C230، يُعتبر انتشار المونة الأسمنتية مناسباً إذا كان ضمن نطاق 80% إلى 110% من الانتشار المستهدف.



شكل (4) قيم انتشار المونة الاسمنتية

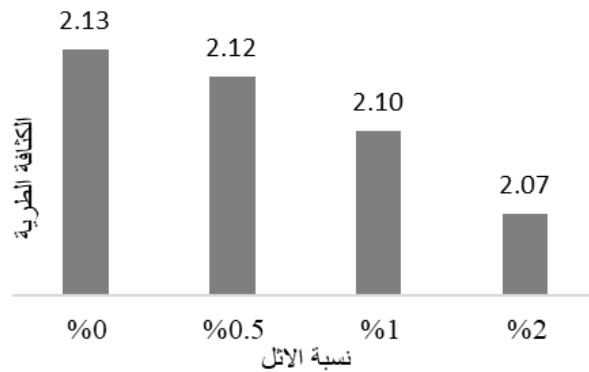
الكثافة الطرية

أظهرت الدراسة أن إضافة مسحوق نبات الأثل بنسب مختلفة (0.5%، 1%، 2%) كبديل جزئي لوزن الإسمنت أثرت على الكثافة الطرية للمونة الأسمنتية مقارنة بالعينة المرجعية (0%) (شكل 5). انخفضت الكثافة إلى 2.07 جرام/سم³ عند إضافة 2% من الأثل، مقارنةً بالعينة المرجعية التي كانت 2.13 جرام/سم³، ونسبة انخفاض 2.82%، مما يدل على تأثير طفيف على الكثافة. يفسر هذا الانخفاض إلى ارتفاع الوزن النوعي للرمل، والذي يبلغ 2.69 جرام/سم³، مقارنةً بمسحوق نبات الأثل الذي يقدر تقريباً 1.0 جرام/سم³. يُساهم هذا الاختلاف في الوزن النوعي في التأثير على الكثافة الطرية للمونة.

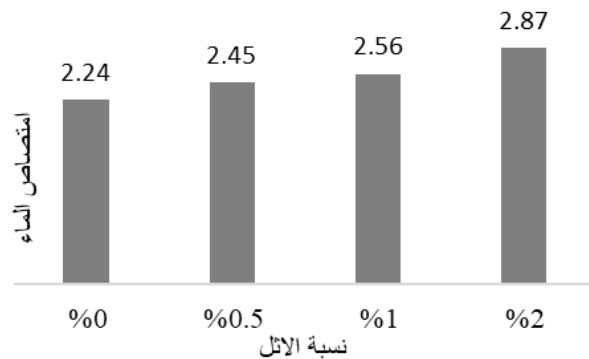
الامتصاص

يوضح الشكل (6) نتائج امتصاص الماء للمونة الأسمنتية المضافة إليها نسب مختلفة من مسحوق نبات الأثل، بالإضافة إلى العينة المرجعية (0% أثل) عند عمر 28 يوماً. تشير النتائج إلى زيادة ملحوظة في امتصاص الماء مع زيادة نسبة الأثل، حيث بلغت نسبة الامتصاص للعينة المرجعية 2.24%. وعند إضافة 1% من الأثل، ارتفعت النسبة إلى 2.56%، ثم إلى 2.87% مع 2% من الأثل.

يفسر هذا الارتفاع في امتصاص الماء إلى الطبيعة المسامية لمادة الأثل. كلما زادت نسبة الأثل، زادت المسام في التركيبة، مما يزيد من المساحة السطحية المتاحة لامتصاص الماء. كما أن امتصاص الأثل للماء أعلى من الرمل الطبيعي، الذي يسجل نسبة امتصاص تبلغ 2.38%.



شكل (5) الكثافة الطرية



شكل (6) نسبة امتصاص الماء

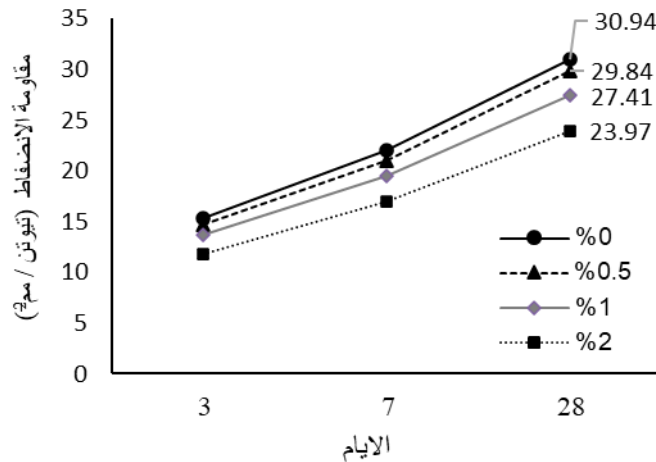
مقاومة الانضغاط

يوضح الشكل (7) سلوك مقاومة الانضغاط لمكعبات المونة الأسمنتية التي تحتوي على نسب مختلفة من مسحوق نبات الأثل (0.5%، 1%، 2%) عند أعمار مختلفة (3، 7، 28 يوماً)، بالإضافة إلى العينة المرجعية (0%). تشير النتائج إلى أن العينة المرجعية تُظهر قيم مقاومة أعلى مقارنةً ببقية النسب في جميع الأعمار.

كما يتبين أن مقاومة الانضغاط للعينات المحتوية على نسب مختلفة من الأثل تتبع نمطاً مشابهاً لمنحنى العينة المرجعية، ولكن بقيم أقل. مع زيادة نسبة الأثل، تلاحظ انخفاضاً في مقاومة الانضغاط، حيث كانت أقل قيمة عند نسبة 2%. يفسر ذلك إلى أن المونة التي لا تحتوي على الأثل تحقق تفاعلات كيميائية أكثر كفاءة خلال عملية التصلب، مما يعزز قوتها. في المقابل، تؤدي زيادة نسب الأثل إلى ضعف التماسك نسبياً، مما يؤثر سلباً على مقاومة الانضغاط.

تشير نتائج الجدول (1) إلى أن مقاومة الانضغاط لمكعبات المونة الأسمنتية عند عمر 28 يوماً تتناقص مع زيادة نسبة مسحوق نبات الأثل. فقد انخفضت المقاومة بنسبة 3.56% عند إضافة 0.5% من الأثل، بينما بلغ الانخفاض 11.41% عند زيادة النسبة إلى 1%. أما العينة التي تحتوي على 2% من الأثل، فقد أظهرت انخفاضاً ملحوظاً قدره 22.53%. تعكس هذه النتائج التأثير السلبي للأثل على مقاومة المونة الأسمنتية، وخاصة عند إضافة نسبة 2%.

يوضح الشكل (8) نمط الانهيار والتشققات للمكعبات المونة الأسمنتية. تم تحميل العينات بقوة مقدارها 2 كيلو نيوتن لكل ثانية حتى حدوث انهيار العينة. في جميع عينات الاختبار، كانت تشكل الشقوق على جانبي مكعب المونة الأسمنتية وتستمر في الاتساع مع زيادة الحمل الميكانيكي المسلط على العينة، حتى تنهار العينة عند قوى مختلفة. كانت أعلى قوة للعينة المرجعية، بينما تقل تدريجياً بزيادة نسبة الأثل.



شكل (7) مقاومة الانضغاط

جدول (1): نسبة الانخفاض في مقاومة الانضغاط (28 يوم)

مسحوق الأثل (%)	0	0.5	1	2
مقاومة الانضغاط (نيون/مم ²)	30.94	29.84	27.41	23.97
الانخفاض (%)	0	3.56	11.41	22.53

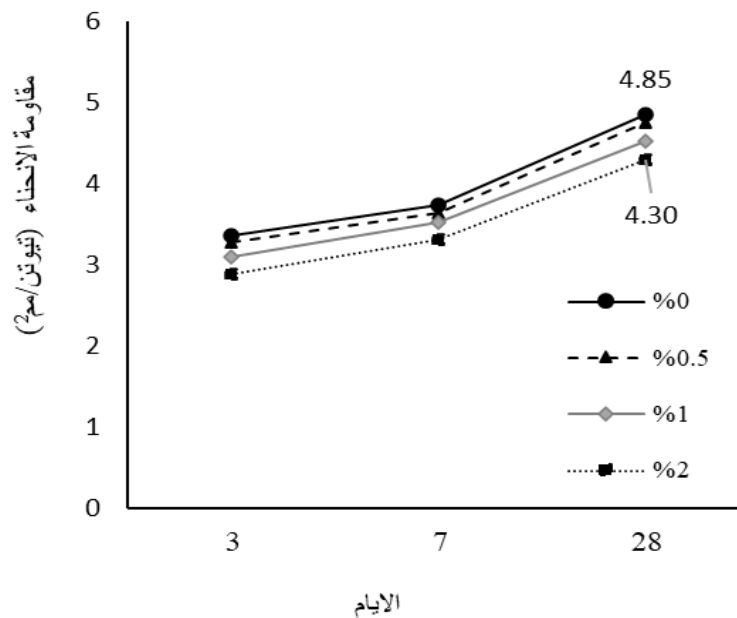


شكل (8) نمط الانهيار

مقاومة الانحناء

الشكل (9) يوضح سلوك مقاومة الانحناء لعتبات صغيرة مقاس $160 \times 40 \times 40$ مم المصنوعة من المونة الأسمنتية والحاوية على نسب مختلفة من مسحوق نبات الأثل (0.5%، 1%، 2%)، عند أعمار متعددة (3، 7، 28 يوماً)، بالإضافة إلى العتبة المرجعية (0%).

تشير النتائج إلى أن العتبة المرجعية (0%) حققت قيم مقاومة انحناء أعلى مقارنةً بالعتبات التي تحتوي على مسحوق الأثل عند جميع الأعمار المختبرة. كما يظهر الشكل أن مقاومة الانحناء للعتبات المحتوية على نسب مختلفة من الأثل تتبع نمطاً مشابهاً لمنحنى العتبة المرجعية، ولكن القيم كانت أقل بشكل واضح. مع زيادة نسبة الأثل، لوحظ تناقص ملحوظ في مقاومة الانحناء، حيث كانت أقل قيمة مسجلة عند نسبة 2%. يُعزى هذا الانخفاض إلى أن العتبة التي لا تحتوي على الأثل تستفيد من تفاعلات كيميائية أكثر فعالية خلال عملية التصلب، مما يعزز من قوتها ومتانتها. بالمقابل، تؤدي زيادة نسب الأثل إلى تأثير على مقاومة الانحناء.



شكل (9) مقاومة الانحناء

يوضح الجدول 2 أن مقاومة الانحناء لعتبات المونة الأسمنتية عند عمر 28 يوماً تتناقص مع زيادة نسبة مسحوق نبات الأثل. انخفضت المقاومة بنسبة 2.06% عند إضافة 0.5% من الأثل، وبلغ الانخفاض 6.60% مع 1%. أما العتبة التي تحتوي على 2% من الأثل، فقد أظهرت انخفاضاً ملحوظاً قدره 11.34%. تعكس هذه النتائج تأثير الأثل على مقاومة الانحناء، خاصة عند إضافة 2%.

جدول (2): نسبة الانخفاض في مقاومة الانحناء (28 يوم)

مسحوق الأثل (%)	0	0.5	1	2
مقاومة الانحناء (نيون/مم ²)	4.85	4.75	4.53	4.30
الانخفاض (%)	0	2.06	6.60	11.34

الشكل (10) يوضح نمط الانهيار لعتبات المونة الأسمنتية المحتوية على مسحوق نبات الأثل. تم تحميل العينات بقوة مقدارها 1 كيلو نيوتن لكل ثانية، مع زيادة الحمل تدريجياً حتى حدوث انهيار العتبة. في جميع عينات الاختبار، حدث الانهيار نتيجة انقسام في منتصف العتبة. وسجلت العتبة المرجعية أعلى قوة، بينما تراجعت القيم تدريجياً مع زيادة نسبة الأثل.



شكل (10) نمط الانهيار

الاستنتاجات

- يسهم استخدام مسحوق نبات الأثل بنسب 0.5% إلى 2% من وزن الأسمنت في تحسين انتشار المونة الأسمنتية، مما يعزز تدفقها وسهولة تطبيقها.
- تزداد نسبة امتصاص الماء مع ارتفاع نسبة الأثل، ويُعزى هذا الارتفاع إلى الطبيعة المسامية لمادة الأثل، التي تُظهر قدرة أعلى على امتصاص الماء مقارنة بالرمال الطبيعي.
- انخفاض في مقاومة الانضغاط مع زيادة نسبة الأثل، وكانت أقل قيمة مسجلة عند 2%. يُرجع ذلك إلى تفاعلات كيميائية أكثر فعالية في المونة الخالية من الأثل مما يعزز من تماسك المواد وقوتها، بينما تؤدي زيادة الأثل إلى ضعف المقاومة.
- العتبة المرجعية اعطت مقاومة انحناء أعلى مقارنة بالعتبات المحتوية على الأثل، مع سلوك مشابه لكن بقيم أقل.

المراجع

الزروق وآخرون. (2018). خواص الخرسانة المحتوية على مسحوق الرخام كاستبدال جزئي من الاسمنت. المؤتمر الوطني السابع لمواد البناء والهندسة الإنشائية، البيضاء، ليبيا.

Abu-Subbiah, A. & Al-Kaib, M., (2023). دراسة استخدام فضلات الزجاج كبديل جزئي للإسمنت في الخلطات الخرسانية في ليبيا. First Libyan international conference on engineering sciences & applications, Tripoli, Libya.

ASTM C230: Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement. .

BS 12: 1996: Specification for Portland cement.

BS 882: 1992: Aggregate from natural sources for concrete.

Mini, M. & Krishna, K. (2016). Study on concrete with partial replacement of cement by rice husk ash. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 149(1).

Muhmed, A., Alhawati, M. & Mohamed, M. (2024), Hydro-mechanical performance of lime-treated heavy clay incorporating Athel leaves powder, Arabian journal of Geosciences, pages 4-16.

Rao, M. & Anjaneyulu, G. (2017). An experimental analysis of strength characteristics of concrete using partial replacement of cement by granite dust and marble dust. Anveshana's international journal of research in engineering and applied sciences, Vol. 2, No. 5.

Subramani, T. & Karthickrajan, J. (2016, May). Experimental study on absorption of CO₂ by M30 concrete as a partial replacement of cement by 25% of zeolite. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management, 5 (5).

The Effect of Temperature on Cement Mortar Incorporating Tamarisk as A Partial Cement Substitute

Omar R. Al-Zarrouq¹, Mohammed F. Jbreil², Taha Ali Bukhairallah²

¹ National Authority for Scientific Research, Tripoli, Libya

² Libyan Academy for Postgraduate Studies, Al Jabal Al Akhdar, Libya

Received: 30 December 2024 / Accepted: 28 April 2025

DOI: <https://doi.org/10.58309/5ez10s52>

Keywords:

Tamarisk, absorption, cement, heat, compressive strength.

ABSTRACT:

Cement production is considered one of the major industrial processes with a significant environmental impact, as it notably contributes to greenhouse gas emissions, particularly carbon dioxide. Research indicates that the cement industry is responsible for a substantial percentage of these emissions, raising concerns about its environmental effects. Additionally, high temperatures pose a major challenge in construction, negatively affecting the properties of cement mortar, leading to cracks and shrinkage in concrete, thereby reducing the durability and structural strength. To address this issue, a comprehensive laboratory study was conducted on cubes to evaluate the physical and mechanical properties of cement mortar containing different proportions of tamarisk powder, which accounted for 0.5%, 1%, 2%, and 4% as a partial substitute for cement, along with a reference sample that did not contain tamarisk. All samples were exposed to high temperatures (20, 40, 60, and 80°C) after 28 days of curing, reflecting the harsh environmental conditions that construction materials may face on-site. The tests included measurements of mortar spread, wet density, absorption, compressive strength, and failure patterns. The results showed that mechanical and physical properties decreased with increasing tamarisk content and temperature, with significant effects observed particularly at 4% tamarisk and 80°C. These findings help determine the optimal ratios that can be used to mitigate the impacts of high temperatures.

تأثير الحرارة على المونة الأسمنتية الحاوية على الأثل كبديل جزئي للأسمنت

عمر رمضان الزروق¹، محمد فرج جبريل²، طه علي بوخيرالله²

¹ الهيئة القومية للبحث العلمي، طرابلس، ليبيا؛ ² الأكاديمية الليبية للدراسات العليا فرع الجبل الأخضر، البيضاء، ليبيا

الكلمات المفتاحية:

الأثل، الامتصاص، الأسمنت، الحرارة، مقاومة الانضغاط.

المستخلص:

إنتاج الأسمنت يُعتبر من العمليات الصناعية الرئيسية التي لها تأثير بيئي كبير، حيث يُسهم بشكل ملحوظ في انبعاث غازات الاحتباس الحراري، خاصة ثاني أكسيد الكربون. تشير الأبحاث إلى أن صناعة الأسمنت مسؤولة عن نسبة كبيرة من هذه الانبعاثات، مما يثير القلق حول تأثيرها على البيئة. كما أن درجات الحرارة العالية تُشكل تحدياً رئيسياً في مجال البناء، حيث تؤثر سلباً على خواص المونة الأسمنتية، مما يؤدي إلى تشققات وانكماش في الخرسانة، وبالتالي تقليل متانة الهيكل وقوة تحمله. لهذا الغرض، تم إجراء دراسة معملية شاملة على مكعبات لتقييم الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمونة الأسمنتية المحتوية على نسب مختلفة من مسحوق نبات الأثل، والتي تمثل 0.5%، 1%، 2%، و4% كبديل جزئي للأسمنت، مع إضافة عينة مرجعية لم تحتوي على الأثل. تم تعريض جميع العينات لدرجات حرارة مرتفعة (20، 40، 60 و80 درجة مئوية) بعد 28 يوماً من المعالجة، وهو ما يعكس الظروف البيئية القاسية التي قد تتعرض لها المواد في موقع البناء. شملت الاختبارات قياس انتشار المونة، الكثافة الرطبة، الامتصاص، مقاومة الانضغاط ونمط الانهيار. أظهرت النتائج أن الخواص الميكانيكية والفيزيائية تتناقص مع زيادة نسبة الأثل ودرجات الحرارة، حيث كانت التأثيرات واضحة بشكل خاص عند إضافة 4% من الأثل و80 مئوية. هذه النتائج تساعد في تحديد النسب المثلى التي يمكن استخدامها لتقليل التأثيرات الناتجة عن الحرارة العالية.

المقدمة:

إنتاج الأسمنت يُعتبر من العمليات الصناعية الأساسية التي تُسهم بشكل كبير في انبعاث غازات الاحتباس الحراري، وخاصةً غاز ثاني أكسيد الكربون. تشير الدراسات إلى أن صناعة الأسمنت تُعتبر مسؤولة عن نسبة كبيرة من الانبعاثات العالمية، مما يُثير القلق حول تأثيرها البيئي. بالإضافة إلى ذلك، فإن استخراج المواد الخام اللازمة، مثل الحجر الجيري والطين، يؤدي إلى تدهور التربة وتغيير المشهد الطبيعي، مما يُفاقم الأثر السلبي على البيئة. تُعد درجات الحرارة العالية تحديًا رئيسيًا في مجالات البناء والهندسة المدنية، حيث تؤثر سلبًا على خصائص الأسمنت. عند تعرض الأسمنت لدرجات حرارة مرتفعة، تتدهور خواصه الميكانيكية والفيزيائية، مما يُقلل من متانته وقوته التحملية. لهذا، يُعتبر البحث عن بدائل جديدة لتخفيف تأثير الحرارة على المونة الأسمنتية والخرسانة أمرًا ضروريًا.

في هذا الإطار، تُعتبر دراسة استخدام مسحوق أوراق نبات الأثل كبديل جزئي للأسمنت خطوة واعدة. يُعتبر مسحوق الأثل مادة غير عضوية وغير قابلة للتحلل في الظروف البيئية الطبيعية، مما يجعله خيارًا مناسبًا لتحسين أداء الخرسانة تحت درجات الحرارة العالية. يُمكن أن يُساهم هذا التحول في تقليل الانبعاثات الكربونية الضارة، حيث يُستخرج الأثل من مصادر نباتية متجددة. تُعزز هذه المبادرة من جهود تحقيق بناء مستدام وصديق للبيئة، مما يُساهم في الحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل الأثر السلبي لصناعة الأسمنت على البيئة.

لم تُسجل الدراسات السابقة أي استخدامات لمسحوق نبات الأثل كبديل جزئي للأسمنت في المونة الأسمنتية عند تعرضها لدرجات الحرارة المرتفعة. رغم التقدم في مجال الهندسة المدنية، يُعتبر هذا البحث الأول من نوعه الذي يتناول هذا الموضوع، مما يجعله نقطة انطلاق مهمة لاستكشاف تأثير نبات الأثل على خصائص المونة، مثل مقاومة الانضغاط والانحناء. كما يُتيح هذا البحث فرصًا جديدة للابتكار في تصميم المونة.

تم تقييم تأثير درجات الحرارة على المونة الأسمنتية باستخدام ثلاث خلطات. عُولجت الخلطات في الهواء والماء لمدة 28 يومًا ثم تعرضت لدرجات حرارة من 7 إلى 150 م°. أظهرت النتائج أن المعالجة بالماء حسنت المقاومة. زادت درجات الحرارة 50 و150 م° من مقاومة المونة، بينما انخفضت الكثافة ونسبة الامتصاص. عند -7 و5 م° انخفضت مقاومة الانضغاط والانحناء وزادت الكثافة ونسبة الامتصاص (الطوير وآخرون، 2019).

درس خيربك وطوالو (2016) تأثير إضافة حبيبات البولي إيثيلين كبديل نسبي للرمال على خصائص المونة الإسمنتية عند درجات حرارة مرتفعة. أُعدت العينات في معامل كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، واستهدف البحث تقييم تأثير هذا التعديل على مقاومة الانضغاط والشد، وتحديد درجة الحرارة المثلى.

أظهرت النتائج أن المونة المعدلة بالبولي إيثيلين كانت تعاني من انخفاض في المقاومة الميكانيكية عند درجات الحرارة العادية، لكنها تحسنت بشكل ملحوظ قرب درجة ذوبان البولي إيثيلين. كان حجم التغير مرتبطًا بمحتوى البولييميرات ودرجة الحرارة. حدد الباحثون نسبة الاستبدال المثلى عند 160 م°.

قام Nneka وآخرون (2019) بتقييم تأثير درجات الحرارة المرتفعة على قوة ضغط الخرسانة، من خلال اختبارات مختبرية ونموذج رياضي. استخدمت الخرسانة بدرجة 25 نيوتن/مم² مع تصميم مزيج بنسبة 1:1.5:3 ونسبة ماء إلى أسمنت 0.56. صُب 21 مكعبًا بأبعاد 150 مم × 150 مم × 150 مم، وتم تجفيفها في الماء لمدة 28 يومًا. بعد ذلك، جُففت بالهواء قبل تعريضها لدرجات

حرارة مرتفعة (28، 50، 100، 150، 200، 300، و 400 °C) لمدة ساعة لكل درجة. تم قياس قوة الانضغاط بعدها. كما تم تطوير نموذج انحدار غير خطي للتنبؤ بقوة الانضغاط بعد التسخين، حيث أظهر قدرة جيدة على التنبؤ بقوة الانضغاط بمعامل ارتباط بلغ 0.81.

درس Tufail وآخرون (2017) تأثير درجات الحرارة المرتفعة على الخواص الميكانيكية للخرسانة باستخدام الركام من الحجر الجيري والكواريت والجرانيت. تم تحضير ثلاث خلطات خرسانية وتعريضها لدرجات حرارة بين 25 و 650 °C لمدة ساعتين. أظهرت النتائج أن الخواص الميكانيكية تأثرت بنوع الركام ودرجات الحرارة، حيث انخفضت مقاومة الشد والانضغاط ومعامل المرونة مع ارتفاع الحرارة. كانت الخرسانة المصنوعة من ركام الجرانيت الأفضل، تليها الكواريت ثم الحجر الجيري. كما أُشير إلى أن عدم التكافؤ في سلوك التمدد الحراري بين المونة والركام يؤثر على الخواص الميكانيكية.

قام Adel وآخرون (2010) بدراسة تأثير مسحوق الحجر الجيري كمادة تعويضية للأسمنت على مقاومة الانضغاط والشد، وتأثير درجات الحرارة المرتفعة على الخرسانة. استخدم الباحثون نسبًا مختلفة من مسحوق الحجر الجيري (0، 10، 15، 20، و 25%) من وزن الأسمنت. أظهرت النتائج أن مسحوق الحجر الجيري يعوض عن التغيرات في مقاومة الانضغاط والشد، لكن لوحظ تأثير سلبي على الخصائص عند تجاوز نسبة 15%. بعد التعرض لدرجات حرارة مرتفعة (200، 400، و 600 °C)، سجلت النتائج انخفاضًا متقارنًا في مقاومة الانضغاط والشد.

قام نجم وآخرون (2018) بدراسة خواص الخرسانة باستخدام نسب مختلفة من مسحوق الرخام (0، 5، 10، 20، و 40%) كاستبدال جزئي للأسمنت. أُجريت اختبارات مقاومة الانضغاط، ومقاومة الشد الانشطاري، ومقاومة الانحناء، وسرعة الموجات فوق الصوتية بعد 28 يومًا من المعالجة. أظهرت النتائج أن إضافة 5% من مسحوق الرخام يحسن خواص الخرسانة، حيث زادت مقاومة الانضغاط والشد الانشطاري والانحناء بنحو 3% مقارنةً بالخلطة المرجعية، بينما تدهورت الخواص مع النسب الأعلى.

أُجريت دراسة معملية على مكعبات لتقييم الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمونة الأسمنتية مع نسب مختلفة من مسحوق نبات الأثل (0.5%، 1%، 2%، و 4%) كبديل جزئي للأسمنت، بالإضافة إلى العينة المرجعية (0%). تعرضت العينات لدرجات حرارة مرتفعة (20، 40، 60، و 80 درجة مئوية) بعد 28 يومًا من المعالجة.

أظهرت النتائج انخفاض الخواص الميكانيكية والفيزيائية مع زيادة نسبة الأثل ودرجات الحرارة، وكان التأثير واضحًا عند 4% من الأثل و 80 °C².

المواد المستخدمة

الاسمنت

الأسمنت المستخدم في هذه البحث هو الأسمنت البورتلاندي من إنتاج مصنع الفتاح للأسمنت (درة - ليبيا)، والذي يتماشى مع المواصفة البريطانية BS 12: 1996.

الرمال

تم استخدام الرمل الطبيعي بكثافة نوعية تبلغ 2.69 وامتصاص يصل إلى 2.38%، وهو متوافق مع المواصفة البريطانية BS 882:1992.

ماء الخلط والمعالجة

الماء المستخدم في خلط الخرسانة ومعالجتها كان ضمن حدود المواصفة البريطانية BS 3148:1980.

مسحوق نبات الأثل

تم جلب نبات الأثل من مدينة جالو، كما هو موضح في الشكل 1. بعد ذلك، تم تعريضه للحرارة في فرن كهربائي لإزالة الرطوبة. عقب عملية التجفيف، تم طحن الأثل الجاف للحصول على مسحوق ناعم. لضمان تناسق نعومة مسحوق الأثل مع نعومة الأسمنت، تم تصفية المسحوق باستخدام غربال بفتحة قدرها 90 ميكرون (شكل 2). يُعتبر مسحوق الأثل مادة غير عضوية وغير قابلة للتحلل، كما أظهرت نتائج التحليل الكيميائي (Alhawa وآخرون، 2024).

خلط مواد المونة الاسمنتية

تم دمج مكونات المونة الأسمنتية (رمل، إسمنت، وماء) مع نسب متفاوتة من مسحوق نبات الأثل (0.5، 1، 2 و 4% من وزن الإسمنت) وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM C109. وُضعت مكونات الخلط في الخلاط، حيث تم مزج الرمل الجاف، والإسمنت، ومسحوق نبات الأثل لمدة 30 ثانية. بعد ذلك، تمت إضافة الماء تدريجياً على مدار 15 ثانية، واستمر الخلط لمدة دقيقتين لكل خليط من المونة الأسمنتية. تم اتباع نفس الإجراءات مع الخلطة المرجعية، دون إضافة مسحوق نبات الأثل. بعد الانتهاء من عملية الخلط، أُجريت الاختبارات المعملية على المونة الأسمنتية بعد المعالجة في الماء لمدة 28 يوماً.



شكل (1) نبات الأثل



شكل (2) مسحوق نبات الأثل



شكل (3) مكونات المونة الاسمنتية

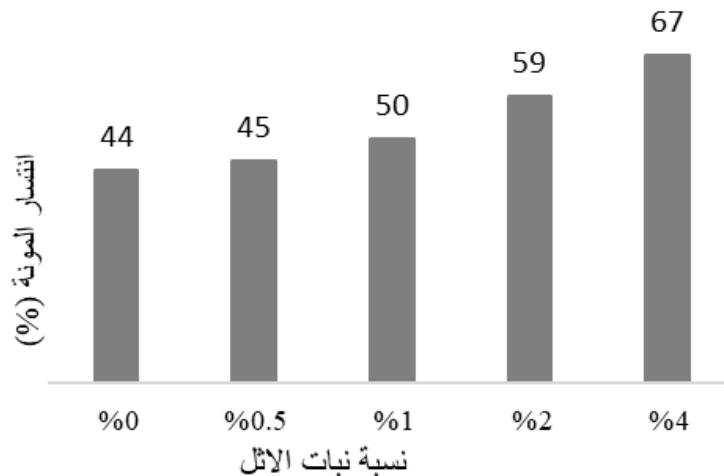
معالجة وتجهيز العينات

بعد 28 يومًا من صب العينات، تم استخراجها من الحوض المائي وتجفيفها بواسطة مناديل نظيفة. استخدم فرن كهربائي لتسخين مكعبات المونة الأسمنتية (50×50×50 مم) وعتبات صغيرة (160×40×40 مم) المحتوية على مسحوق نبات الأثل أو غير المحتوية، إلى درجات حرارة مختلفة (40، 60، و80 درجة مئوية) لمدة 24 ساعة. بعد ذلك، أُجريت الاختبارات المعملية على العينات، بالإضافة إلى العينات المرجعية التي لم تتعرض لأي درجة حرارة.

الاختبارات المعملية

انتشار المونة

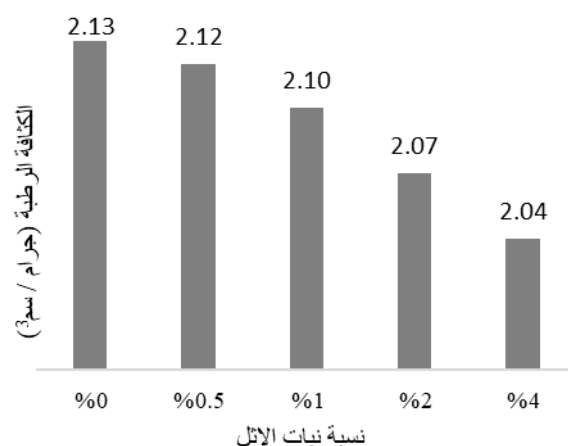
أظهرت النتائج المبينة في الشكل 4 أن إدخال مسحوق نبات الأثل بنسب متفاوتة (0.5%، 1%، و2%) كبديل جزئي لوزن الإسمنت أثر بشكل إيجابي على سلاسة المونة الأسمنتية مقارنة بالعينة المرجعية (0%). حيث ارتفعت نسب الهطول إلى 45.44%، 50.04%، و58.60% على التوالي، مقابل 43.50% للعينة المرجعية، مما يشير إلى تحسين في انسيابية المونة. وفقًا للمواصفة الأمريكية ASTM C230، يُعتبر انتشار المونة الأسمنتية كان ضمن حدودها 80% إلى 110%.



شكل (4) قيم انتشار المونة الاسمنتية

الكثافة الطرية

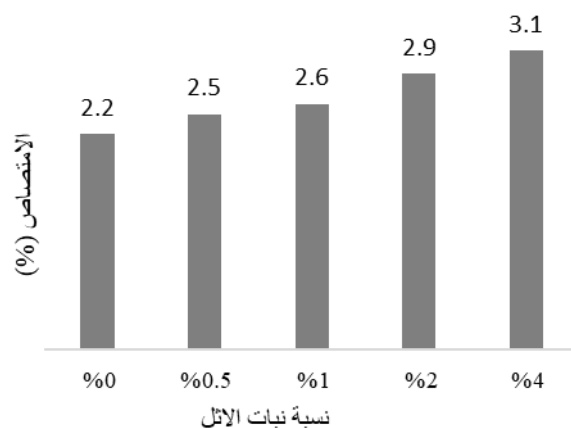
النتائج تشير الى أن اضافة نبات الأثل بنسب متنوعة (0.5%، 1%، و2%) كبديل جزئي لوزن الإسمنت أثر على الكثافة الطرية للمونة الأسمنتية مقارنة بالعينة المرجعية (0%) (شكل 5). انخفضت الكثافة إلى 2.07 جرام/سم³ عند إضافة 2% من الأثل، بينما كانت الكثافة للعينة المرجعية 2.13 جرام/سم³، مما يشير إلى انخفاض بنسبة 2.82%، مما يدل على تأثير طفيف على الكثافة. يُفسر هذا الانخفاض بارتفاع الوزن النوعي للرمل، الذي يبلغ 2.69 جرام/سم³، مقارنةً بمسحوق نبات الأثل الذي يقدر بحوالي 1.0 جرام/سم³.



شكل (5) الكثافة الطرية

الامتصاص

يبين الشكل 6 نتائج امتصاص الماء للمونة الأسمنتية التي تم إضافة نسب مختلفة من مسحوق نبات الأثل إليها، إلى جانب العينة المرجعية (0% أثل) بعد 28 يومًا من المعالجة. تشير البيانات إلى زيادة ملحوظة في امتصاص الماء مع ارتفاع نسبة الأثل، حيث سجلت العينة المرجعية نسبة امتصاص مقدارها 2.24%. عند إضافة 1% من الأثل، ارتفعت النسبة إلى 2.56%، ثم زادت إلى 2.87% عند إضافة 2% من الأثل. يعلل هذا الارتفاع في امتصاص الماء إلى البنية المسامية لمادة الأثل. كلما زادت نسبة الأثل، زادت المسام في التركيبة، مما يعزز المساحة السطحية المتاحة لامتصاص الماء. بالإضافة إلى ذلك، فإن قدرة الأثل على امتصاص الماء تفوق تلك الخاصة بالرمل الطبيعي، الذي يسجل نسبة امتصاص تبلغ 2.38%.

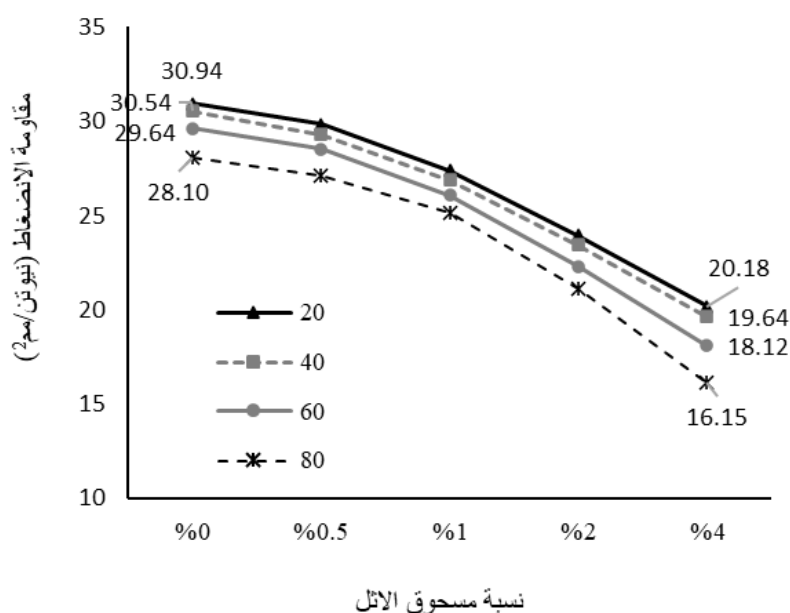


شكل (6) امتصاص الماء

مقاومة الانضغاط

يوضح الشكل 7 سلوك مقاومة الانضغاط لمكعبات المونة الأسمنتية مع نسب مختلفة من مسحوق نبات الأثل (0%، 0.5%، 1%، 2%، 4%) عند درجات حرارة متنوعة (40، 60، 80 درجة مئوية) مقارنة بالعينة المرجعية عند 20 مئوية. تظهر النتائج أن العينة المرجعية حققت مقاومة أعلى، بينما تراجعت مقاومة الانضغاط مع زيادة نسبة الأثل، حيث سجلت أقل قيمة 16.15 نيوتن/مم² عند 4%.

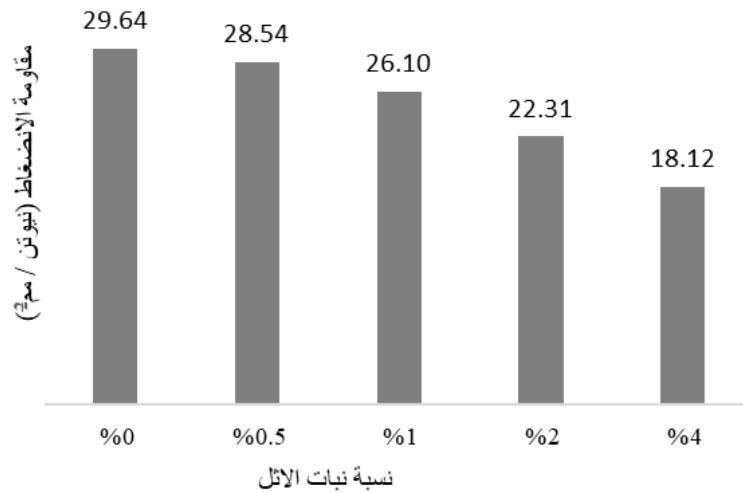
يفسر ذلك إلى أن المونة التي تقتصر إلى الأثل تخضع لتفاعلات كيميائية أكثر فعالية أثناء التصلب، مما يعزز قوتها. بالمقابل، تؤدي زيادة الأثل إلى تقليل التماسك.



شكل (7) مقاومة الانضغاط عند حرارة مختلفة

كما تأثرت المقاومة بشكل ملحوظ عند درجات الحرارة المرتفعة، حيث كان الانخفاض طفيفاً عند 40 مئوية، بينما بدأ الانخفاض الملحوظ عند 60 مئوية بسبب فقدان الماء الداخلي، مما يؤدي إلى ضعف الترابط وظهور شقوق دقيقة. عند 80 مئوية، يحدث تبخر سريع للماء، مما يقلل من كفاءة الإماهة ويزيد من الإجهادات الحرارية، مما يساهم في تقليل المقاومة.

يعرض الشكل 8 مقاومة الانضغاط لمكعبات المونة الأسمنتية عند تعرضها لدرجة حرارة 60 مئوية مع نسب متنوعة من الأثل (0.5%، 1%، 2%، 4%)، بجانب العينة المرجعية (0%) والتي لا تحتوي على الأثل. تشير النتائج إلى أن العينة المرجعية حققت أعلى قيمة لمقاومة الانضغاط، حيث بلغت 29.64 نيوتن/مم². مع زيادة نسبة الأثل، لوحظ تراجع مستمر في مقاومة الانضغاط. فقد سجلت العينة التي تحتوي على 0.5% من الأثل مقاومة قدرها 28.54 نيوتن/مم²، بينما كانت أقل قيمة لمقاومة الانضغاط عند نسبة 4%، حيث بلغت 18.12 نيوتن/مم².



شكل (8) مقاومة الانضغاط عند حرارة 60 م°

كما يوضح الجدول 1 نسبة الانخفاض في مقاومة الانضغاط عند درجة حرارة 60 م° مع زيادة نسبة الأتّل. فقد تراجعَت المقاومة عند إضافة 0.5% من الأتّل بنسبة 3.71%. وعند زيادة النسبة إلى 1%، بلغ الانخفاض 11.94%. بينما سجلت نسبة 2% انخفاضاً قدره 24.73%. أما العينة التي تحتوي على 4% من الأتّل، فقد أظهرت انخفاضاً أكبر بلغ 38.87%. تعكس هذه النتائج تأثير الحرارة ونسبة الأتّل على مقاومة المونة الأسمنتية، خاصة عند إضافة 4%.

جدول (1) نسبة الانخفاض في مقاومة الانضغاط عند 60 م°

مسحوق الأتّل (%)	0	0.5	1	2	4
مقاومة الانضغاط (نيون/مم ²)	29.64	28.54	26.10	22.31	18.12
الانخفاض (%)	0	3.71	11.94	24.73	38.87

نمط الفشل

الشكل 9 يوضح أنماط الانهيار والتشققات للمكعبات المونة الأسمنتية التي تحتوي على مسحوق نبات الأتّل مقارنةً بتلك التي لا تحتوي عليه، والتي تعرضت لدرجات حرارة مختلفة (20، 40، 60، 80 درجة مئوية) قبل تعرضها لحمل ميكانيكي. بعد تسخين العينات، تم تحميلها بقوة مقدارها 2 كيلو نيوتن لكل ثانية حتى حدوث الانهيار.

في جميع العينات، كانت الشقوق تتشكل على جانبي مكعب المونة الأسمنتية وتستمر في الاتساع مع زيادة الحمل الميكانيكي، حتى تنهار العينة عند قوى متفاوتة. كانت أعلى قوة مسجلة خاصة بالعينة المرجعية، بينما كانت القوة تقل تدريجياً مع زيادة نسبة الأتّل ودرجات الحرارة، كما هو موضح في الشكل 7.



شكل (9) انهيار مكعبات المونة الأسمنتية عند 40 م⁰

الاستنتاج

- إن استخدام مسحوق نبات الأثل بنسب 0.5%، 1%، 2%، و 4% من وزن الأسمنت يساهم في تحسين انتشار المونة.
 - أن استخدام مسحوق نبات الأثل كبديل جزئي للأسمنت يؤدي إلى تقليل الكثافة الطرية للمونة الأسمنتية بمعدل يصل إلى 5%. يمكن تفسير هذا الانخفاض بارتفاع الوزن النوعي للرمل (2.69 جرام/سم³) مقارنة بمسحوق نبات الأثل (1.0 جرام/سم³).
 - زيادة في نسبة امتصاص الماء مع زيادة الأثل. يفسر هذا إلى الطبيعة المسامية لمادة الأثل، التي تُظهر قدرة أعلى على امتصاص الماء مقارنة بالرمل الطبيعي.
 - انخفضت مقاومة الانضغاط مع زيادة نسبة الأثل. يُعزى ذلك إلى فعالية التفاعلات الكيميائية في المونة الخالية من الأثل، مما يعزز قوتها.
 - تأثرت مقاومة الانضغاط عند تعرضها لدرجات حرارة (40، 60، 80 درجة مئوية) مقارنة بالعينة المرجعية (20 مئوية). يُعزى ذلك إلى زيادة فقدان الماء الداخلي في المونة، مما يسبب انكماشًا جفافياً وتشكل شقوق دقيقة تؤثر سلبًا على البنية. كما تساهم الإجهادات الحرارية الداخلية في تشقق المونة، مما يقلل من مقاومتها.
 - كانت أنماط الانهيار لمكعبات المونة الأسمنتية، سواء المحتوية على الأثل أو غير المحتوية، متشابهة.
- تشير النتائج إلى أن النسبة المثالية لمادة الأثل في المونة الأسمنتية هي 1%، حيث تؤدي إلى تأثيرات محدودة على الخواص الفيزيائية والميكانيكية، مع انخفاض لا يتجاوز 15%.

المراجع

أشرف نجم، عمر الزروق، سحر جمال، نسيبه أبوبكر، (2018) "خواص الخرسانة المحتوية على مسحوق الرخام كاستبدال جزئي من الاسمنت" المؤتمر الوطني السابع لمواد البناء والهندسة الإنشائية – البيضاء – ليبيا.

الطوير، نورالدين، العزاوي، عبد الله والبيوني، حسام (2019). تأثير ظروف المعالجة واختلاف درجات الحرارة على خواص

المونة الإسمنتية. المؤتمر الدولي الثاني للعلوم التقنية. طرابلس. ليبيا

علي خيربك، علي طوالو (2014). دراسة تحسين الخصائص الميكانيكية للمونة الإسمنتية المعدلة بالنفايات البوليميرية بدرجات الحرارة المرتفعة، مجلة العلوم الهندسية، (5) 36.

Adel M., Z., Burhan, A., & Ahmad, A., (2010). Influence of limestone powder as partial replacement of cement on concrete and the effect of high temperature on it. Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ), 18(5), 24-34

ASTM C109: Method for determination of compressive strength.

ASTM C230: Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement.

BS 12:1996 Specification for Portland cement.

BS 3148:1980 Methods of test for water for making concrete.

BS 882: 1992: Aggregate from natural sources for concrete.

Nneka, U., Ikemefuna, E., & Ugwuanyi Donald, C. (2019). Experimental and Predictive Method for Compressive Strength of Concrete with Temperature Effects. Journal of Mechanical and Civil Engineering pp 05-08.

Tufail, M., Shahzada, k., & Gencturk, B. (2017). Effect of elevated temperature on mechanical properties of limestone, quartzite and granite concrete. Int. journal of concrete structure 11, 17–28.

Evaluation of the Solid Waste Landfill Management Process in Al- Bayda City and Studying Methods to Rehabilitation it and mitigate its Negative effects

Gasem A. B. Mohamed^{1*}, Basit M. S. Ahwerish²

¹Department of Environmental Engineering, Academy for Postgraduate Studies, Al-Bayda, Libya

²College of Natural Resources, Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya

Received: 29 January 2025/ Accepted: 26 April 2025

DOI: <https://doi.org/10.58309/3hj8dg33>

Keywords:

landfill management -
random landfill - landfill
evaluation -
rehabilitation - Al-
Bayda city landfill..

ABSTRACT:

The city of Al-Bayda in the Libyan state suffers from the problem of the lack of a safe sanitary landfill for disposing of solid waste, as the current landfill is considered an open landfill that does not comply with environmental specifications and standards, and since the city has witnessed remarkable population and urban growth and the resulting increase in the production of waste that is Dispose of in landfill, the environmental and health risks that accompany it require taking the necessary measures to address this problem and preparing a study to evaluate the process of managing and operating this dump, determine the extent of its suitability, and work to mitigate the environmental impacts resulting from it by rehabilitating it, this is a process that must be carried out according to a specific methodology to help develop the most appropriate options and solutions, technology to reduce its environmental impacts to the maximum extent for this purpose, one of the internationally approved approaches used by the United Nations Environment Program (UNEP) was used to evaluate the risks resulting from waste dumps in developing countries and support the decision to determine the most appropriate options for conducting treatment and rehabilitation, based on the level of risks resulting from the landfill. this tool is known as (INTEGRATED RISK BASED APPROACH), (IRBA) which is a decision- making tool to determine the possibility of rehabilitating and reclaiming waste landfills, in which a group of characteristics is measured so that each characteristic has its own specific weight based on the strength of its impact and the degree of risk it poses, and the total weights distributed are On 27 properties It is 1000, and based on the measurements made for each characteristic, its intensity on the sensitivity index is determined, which ranges between (0 - 1), so that zero represents the lack of intensity of the effect or the absence of the characteristic measured on the sensitivity index, while the correct one represents the maximum intensity on the sensitivity scale, For 27 properties, the final value is The cumulative sum of the results of multiplying the weight of the characteristic by the amount of sensitivity to all studied variables. Based on this sum, the obtained result is evaluated to determine the level of risk resulting from the landfill and suggest the appropriate recommended procedure, through which it became clear that the total sum of the risk index of the (IRBA) methodology in a city landfill the Al-Bayda one was An amount of (602.32) and this value, according to the risk assessment criteria for landfills, indicates the possibility of a high risk and the need to close the landfill even though there are no more landfills in the area. According to the guide issued by the National Solid Waste Management Committee of the Japan International Cooperation Agency regarding the lock Safe waste disposal sites, the rehabilitation and safe closure processes that are compatible with the Al Bayda City landfill include stabilizing critical slopes and slopes, erecting retaining barriers, implementing a final cover for the landfill's surface, implementing rainwater drainage facilities, gas disposal wells, a leachate collection pond, and constructing a fence around the landfill's perimeter, And warning signs there is a guard gate at the main entrance.

*Corresponding author:E-mail addresses: gasemmohamed2025@yahoo.com

تقييم عملية إدارة مكب النفايات الصلبة بمدينة البيضاء ودراسة طرق إعادة تأهيله وتخفيف الآثار السلبية الناتجة عنه

قاسم عبد القادر بالقاسم¹، باسط امبارك سعيد احويريش²

1. قسم الهندسة البيئية، أكاديمية الدراسات العليا، البيضاء، ليبيا؛ 2. كلية الموارد الطبيعية، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

المستخلص:

الكلمات المفتاحية:

إدارة المكبات، إعادة التأهيل، المكب العشوائي، تقييم المكبات، مكب مدينة البيضاء.

عانى سكان مدينة البيضاء بالدولة الليبية من مشكلة عدم توفر مكب صحي آمن للتخلص من المخلفات الصلبة، حيث أن المكب الحالي يعتبر مكب مفتوح لا يتطابق مع المواصفات والمعايير البيئية، وبما أن المدينة شهدت نمواً سكانياً وعمرانياً ملحوظاً، وما ترتب على ذلك من زيادة في إنتاج النفايات التي يتم التخلص منها في المكب، وما يُصاحبها من أخطار بيئية وصحية، مما يستوجب اتخاذ التدابير اللازمة لمعالجة هذه المشكلة، وإعداد دراسة لتقييم عملية إدارة وتشغيل هذا المكب وتحديد مدى صلاحيته، والعمل على تخفيف الآثار البيئية الناتجة عنه بأعاده تأهيله، وهي عملية يجب أن تتم وفق منهجية مُحددة للمساعدة على وضع أنسب الخيارات والحلول التقنية للتخفيف من آثاره البيئية لأقصى درجة؛ ومن أجل ذلك تم الاستعانة بأحد المناهج المعتمدة دولياً والمستخدم من قبل برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) لتقييم المخاطر الناتجة عن مكبات النفايات بالدول النامية، ودعم القرار لتحديد أنسب الخيارات لأجراء المعالجة والتأهيل بناءً على مستوى المخاطر الناتجة عن المكب، وهذه الأداة تعرف باسم (النهج المتكامل القائم على المخاطر) واختصاراً (INTEGRATED RISK BASED APPROACH) (IRBA) وهي عبارة عن أداة لصنع القرار لتحديد إمكانية إعادة تأهيل واستصلاح مكبات النفايات، وفيها يتم قياس مجموعة من الخصائص بحيث يكون لكل خاصية وزن مُحدد خاص بها بناءً على قوة تأثيرها ودرجة الخطورة التي تشكلها، ويكون إجمالي الأوزان الموزعة على 27 خاصية هو 1000، وبناءً على القياسات التي يتم إجراؤها لكل خاصية يتحدد مقدار شدتها على مؤشر الحساسية والذي يتراوح بين (0 - 1)، بحيث يُشكل الصفر انعدام شدة التأثير أو عدم وجوده للخاصية المُقاسة على مؤشر الحساسية، أما الواحد الصحيح فإنه يشكل الشدة القصوى على مقياس الحساسية، وبالنسبة لعدد 27 خاصية فإن القيمة النهائية هي عبارة عن المجموع التراكمي لنواتج حاصل ضرب وزن الخاصية في مقدار الحساسية لجميع المتغيرات المدروسة، وبناءً على هذا المجموع يتم تقييم النتيجة المتحصل عليها لمعرفة مستوى الخطر الناتج عن المكب واقتراح الاجراء المناسب الموصي به، والتي أتضح من خلالها أن المجموع الكلي لمؤشر المخاطر لمنهجية (IRBA) في مكب مدينة البيضاء كان بمقدار (602.32)، وهذه القيمة وفقاً لمعايير تقييم الخطورة للمكبات تشير إلى احتمالية وجود خطر مرتفع والحاجة إلى إغلاق المكب مع عدم وجود المزيد من المكبات في المنطقة. ووفقاً للدليل الصادر عن اللجنة الوطنية لإداره المخلفات الصلبة التابعة لوكالة التعاون الدولي اليابانية بخصوص القفل الآمن لمواقع التخلص من النفايات، فإن عمليات التأهيل والقفل الآمن الذي يتوافق مع مكب مدينة البيضاء يتضمن تثبيت المنحدرات والميول الحرجة، وإقامة الحواجز الساندة، وتنفيذ غطاء نهائي لسطح المكب، وتنفيذ مرافق تصريف مياه الأمطار وأبار التخلص من الغازات، وبركة تجميع السائل الراشح، وإنشاء سياج على محيط المكب، ولوحات تحذيرية، وبوابة حراسة على المدخل الرئيسي.

المقدمة:

تعد مشكلة التخلص من النفايات الصلبة واحدة من أبرز التحديات البيئية التي تواجه المجتمعات في العصر الحديث، حيث أنه ومع تزايد عدد السكان ووتيرة التنمية الاقتصادية والتي أدت الى زيادة إنتاج النفايات بشكل كبير، مما يتطلب اتخاذ إجراءات فعالة للتخلص منها بطرق صحية وآمنة ومستدامة، وتعد واحدة من أكثر أساليب التخلص من النفايات الصلبة استخدامًا وانتشارًا في العديد من الدول النامية هي المكبات المفتوحة .

أن المكبات المفتوحة هي عبارة عن أماكن يتم رمي النفايات الصلبة فيها بطريقة غير منظمة وبدون أي إجراءات تحمي البيئة، حيث تعتمد العمليات التشغيلية بالمكب المفتوح على رمي النفايات في مواقع محددة في الهواء الطلق دون استخدام تقنيات تبطين أو عزل للمواد الضارة، وعادة ما يتم توزيع النفايات في المكب بشكل يتيح لها التعرض للهواء الطلق، مما يؤدي إلى تفاعلات كيميائية وتحلل بيولوجي للنفايات، ويؤدي في النهاية إلى إنتاج غازات سامة ومواد ملوثة تتسبب في تلوث الهواء، والتربة، والمياه الجوفية (مبارك وآخرون، 2022).

بالإضافة إلى التأثيرات البيئية، تؤثر المكبات المفتوحة أيضًا على الصحة العامة والمجتمعات المحلية، ويُعتبر التلوث الناتج عن المكبات للمياه الجوفية مصدرًا رئيسيًا للتلوث المائي، مما يؤدي إلى خطر تلوث مصادر المياه والتأثير على صحة السكان المحليين الذين يعتمدون على هذه المياه للاستخدام اليومي؛ كما أن تأثير المكبات المفتوحة على الصحة العامة يمكن أن يكون على شكل زيادة في حالات الأمراض المعدية والتسمم، والتأثير على جودة الهواء والمخاطر الصحية المرتبطة بها، بالإضافة إلى ذلك، يُعاني السكان المحليون الذين يعيشون بالقرب من المكبات المفتوحة من ظروف حياتية غير صحية وظروف اجتماعية صعبة، بما في ذلك انتشار الروائح الكريهة والحشرات والحيوانات وناقلات الأمراض وما يصاحبها من تأثيرات ضارة وعدم الراحة النفسية (بالحسن وآخرون، 2019)، لذلك، تشكل عملية تقييم إدارة المكب المفتوح ودراسة طرق إعادة تأهيله وسيلة مهمة للحد من الآثار السلبية التي يسببها للبيئة وللصحة العامة، وتحديًا هامًا للجهات المسؤولة عن عملية إدارة المخلفات الصلبة، وإن الفهم الدقيق للتأثيرات البيئية والاجتماعية للمكبات المفتوحة وتطوير استراتيجيات فعالة للحد من هذه التأثيرات، يُمكن أن يُساهم في تحسين إدارة النفايات الصلبة والحد من التلوث البيئي وتعزيز الصحة العامة في المناطق المتأثرة من وجودها (الياسري، 2015).

مشكلة الدراسة:

على الرغم من النمو السكاني المتزايد بمدينة البيضاء وتوسعها العمراني، فإنه لم يتم تطوير الخدمات المتعلقة بأنشاء مكبات آمنة وصحية تراعي الشروط والمواصفات البيئية لإدارة المخلفات الصلبة، وظلت تعتمد على التخلص غير السليم من النفايات الصلبة عن طريق الألقاء في مكب النفايات المفتوح المتاخم للمدينة من الناحية الجنوبية.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة الى تقييم عملية ادارة وتشغيل مكب النفايات الصلبة بمدينة البيضاء، وتقييم مدى صلاحيته وفق المواصفات والمعايير البيئية، وتحديد أهليته لتغطية الاحتياجات الحالية والمستقبلية، وكذلك تخفيف وتقليل الآثار السلبية على السكان والبيئة المحيطة بالمكب، بأعداد مقترحات فنية تتضمن معايير استصلاحه وإعادة تأهيله والحد من المخاطر الناتجة عنه .

أهمية الدراسة :

تتبع أهمية هذه الدراسة في كونها ستُساهم في تقييم إدارة وتشغيل المكب، والتي تعتبر عملية مهمة لضمان السيطرة على الآثار السلبية الناتجة عنه، وتحسين الوضع البيئي بمنطقة المكب، وكذلك تُساهم في تقديم انسب الحلول والمقترحات التنفيذية للحد من

الآثار الضارة على الصحة والبيئة، والتي حتما ستساعد المسؤولين وصانعي القرار للسيطرة على الصعوبات الحالية وتدارك أي مشاكل مستقبلية قبل وقوعها .

الدراسات السابقة:

هناك العديد من الدراسات السابقة التي تطرقت الى موضوع مكبات المخلفات الصلبة، وتناولته من زوايا مختلفة من حيث الزمان والمكان، والتي منها الدراسات الآتية: دراسة إعادة تأهيل مكبات النفايات الصلبة العشوائية (حالة الدراسة: مكب صافيتا - محافظة طرطوس) (العلی، 2018)، والذي تمت فيه دراسة حالة مكب صافيتا العشوائي وتم من خلالها اعداد دراسة هندسية بيئية واقتصادية تتضمن معايير ودلائل لعملية الاستصلاح المقترحة لإعادة تأهيل المكب، حيث تم فيها

استخدام الخرائط والمعلومات لمنطقة المكب والتي تم جمعها من البلديات والمديريات ذات الصلة، والتي أجري الباحث من خلالها التحاليل والدراسات الحقلية للتربة في الموقع ودراسة الجدوى الاقتصادية، ثم اقتراح برنامج استصلاح المكب ومن ثم أغلقه . ودراسة أخرى أجريت عن الآثار البيئية لمكب القمامة بجوار المنطقة الصناعية بمدينة طبرق (بالحسن وآخرون، 2019)، حيث تناولت الدراسة مشاكل إدارة المخلفات الصلبة، خاصة المخلفات المنزلية على مستوى المدينة، ثم وضحت الدراسة من خلال استمارة الاستبيان اهم الاضرار والامراض التي يتعرض لها السكان القاطنين بجوار المكب، ومدى الاضرار التي يلحقها دُخان المكب بالأحياء الواقعة بجواره، وقد توصلت الدراسة الى نتائج وتوصيات هامة سئسهم في الحد من تفاقم مشكلة التلوث الناتجة عن المكب.

ودراسة أخرى بعنوان تقييم آلية إدارة النفايات لمكب الشليوني جنوب شرق مدينة المرج وأثره على السكان (مبارك وآخرون، 2022)، حيث ناقشت هذه الدراسة تقييم آليات إدارة النفايات لموقع مكب الشليوني جنوب شرق مدينة المرج وأثره على السكان، وأيضاً تقييم آليات إدارة النفايات الصلبة ومعرفة الآثار البيئية والصحية الناتجة عن المكب، حيث اعتمدت الدراسة على عدة مناهج وأساليب منها المنهج الوصفي التحليلي، والأسلوب الكمي التحليلي، ومنهج مسح العينة، وتم الاعتماد على استمارة الاستبيان والمقابلات الشخصية للسكان المقيمين بالقرب من المكب .

كما أجريت دراسة أخرى عن تقييم واقع مكبات النفايات العشوائية في محافظة اللاذقية ودراسة إمكانية إعادة تأهيلها (شاهين وآخرون، 2023)، حيث تطرقت الدراسة الى تقييم إمكانية إعادة التأهيل ومستوى المخاطر لمكب البصة، وذلك بالاعتماد على النهج المتكامل القائم على تحليل المخاطر .

مكان إجراء الدراسة:

1- الحد المكاني: يقع مكب النفايات الصلبة بمدينة البيضاء في الناحية الجنوبية للمدينة وبشكل متاخم لها، ويبعد عن مركز المدينة حوالي 2600 م، وعلى ارتفاع يصل الى حوالي 600 م من سطح البحر، ويستقر على سفح جبلي، كما تتراكم النفايات التي يتم إزاحتها من الأعلى وتستقر على المنحدر الجبلي نزولاً باتجاه الوادي المجاور للمكب والذي يعتبر أحد تفرعات وادي الكوف، كما هو واضح بالصورة الجوية المرفقة شكل رقم (1)، ويقع المكب ضمن منطقة ذات تضاريس جبلية ومجاري أودية ومراعى وغابات.



شكل رقم (1) يبين صورة جوية لموقع المكب مميزة بدبوس اصفر (باستخدام برنامج Google Earth Pro)

المواد وطرق العمل:

وتنقسم منهجية الدراسة الى قسمين هما:

الجانب النظري: سيتم اعتماد المنهج الوصفي في الجانب النظري من الدراسة، وذلك بمراجعة الكتب والتقارير ووثائق مشاريع المكبات والدراسات السابقة والمقالات العلمية والمخططات والخرائط والتصاميم واللوائح والمواصفات الفنية والتشريعات المتعلقة بموضوع البحث.

الجانب العملي: سيتم استخدام منهج دراسة الحالة لتحقيق الدراسة الميدانية والعملية، من خلال الملاحظات المباشرة والزيارات والمُعائنات الميدانية والمُشاهدات لموقع المكب، وجمع المعلومات الحقلية، وجمع المعلومات والاطلاع على السجلات والوثائق المتعلقة بالمكب، بالإضافة لاستعراض بعض التقارير والمشاريع حول إدارة وتشغيل المكب والمكبات المماثلة في ليبيا والبلدان النامية.

وكذلك تم الاستعانة في هذه الدراسة بأداة مُستخدمة على نطاق واسع في العديد من الدول والمنظمات الدولية، والتي من أبرزها برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، وهذه الأداة هي النهج المُتكامل المبني على المخاطر (IRBA)، والذي قام بتطويره كوريان عام 2005 م (Kurian, et al., 2005)، وانتهجته العديد من الدول والمؤسسات في عملية تقييم مكبات النفايات ودعم اتخاذ القرار في عملية إعادة تأهيلها وأغلاقها وتحديد أنسب الطرق للتعامل معها، حيث أن هذا الأسلوب يتميز بفاعليته وسهولة تطبيقه، لكونه يأخذ في الاعتبار العديد من العوامل البيئية والاجتماعية والاقتصادية والصحية لبناء القرار السليم، وعلى مدار عشرون عاماً منذُ صدور هذا النهج لايزال يُستخدم حتى الآن بفاعلية كبيرة.

وخلال وقائع مؤتمر سردينيا 2005، والندوة الدولية العاشرة لإدارة النفايات ومكبات النفايات، في سي - مارغريتا دي بولا -

كالياري- إيطاليا، خلال 3-7 أكتوبر 2005 م، قدم كوريان. ج. س. ايساكو وآخرون، بحثهم حول أداة صنع القرار لأعاده تأهيل مكبات النفايات في البلدان النامية.

ويتضمن تصميم هذه الأداة مجموعة من الخصائص (Attributes)، والتي تم أخذها بعين الاعتبار في عملية تحليل المخاطر، وهي عبارة عن 27 خاصية مصنفة في ثلاث مجموعات، تشمل مجموعة الخصائص الجيولوجية والجغرافية والهيدرولوجية للموقع وتتضمن 20 خاصية، ومجموعة خصائص النفايات وتتضمن 4 خواص، اما بالنسبة لخصائص العُصرة فهي تشمل 3 خواص وكما هو موضح في الجدول رقم (1).

في هذه الأداة يكون لكل مُتغير (خاصية) وزن مُحدد خاص بها بناء على قوة تأثيرها ودرجة الخطورة التي تشكلها، بحيث يكون اجمالي الاوزان الموزعة على 27 خاصية هو 1000، وبناءً على القياسات التي يتم اجراؤها لكل خاصية يتحدد مقدار شدتها على مؤشر الحساسية والذي يتراوح بين (0 - 1)، بحيث يُشكل الصفر انعدام شدة التأثير او عدم وجوده للخاصية المُقاسة على مؤشر الحساسية، اما الواحد الصحيح فهو يُشكل الشدة القصوى على مقياس الحساسية، وبالنسبة لعدد 27 خاصية فأن القيمة النهائية هي عبارة عن المجموع التراكمي لنواتج حاصل ضرب وزن المُتغير او الخاصية في مقدار الحساسية (مؤشر الحساسية) لجميع المتغيرات المدروسة، و بناءً على هذا المجموع يتم تقييم النتيجة المُتحصل عليها لمعرفة مستوى الخطر الناتج عن المكب، واقتراح الاجراء المُناسب المُوصي به وذلك وفق الجدول رقم(2).

يتم حساب مؤشر المخاطر (RI) وفق المعادلة الآتية:

$$RI = \sum_{i=1}^n W_i \cdot S_i$$

حيث: W_i : وزن المتغير او الخاصية ويتراوح بين (0 - 1000).

S_i : مؤشر الحساسية للمتغير او الخاصية ويتراوح بين (0 - 1).

RI: مؤشر المخاطر ويتراوح بين (0 - 1000).

- خطوات قياس المتغيرات (السمات) الواردة في أداة تقييم المخاطر:

يتم القيام بأعمال مسح الموقع لجمع معلومات مُحددة، مثل تاريخ التشغيل، وأنواع النفايات التي تم التخلص منها، وكمياتها وخصائصها الفيزيائية، وتقييم خصائص مكب النفايات، مثل عمق وخواص النفايات الصلبة، ودرجة الضغط الذي تعرضت له (الكثافة)، ونوع النفايات داخل الموقع بحيث تشمل العناصر المُشكلة لأداة صنع القرار بناء على تقييم المخاطر، وتم قياس الخصائص الدالة على المخاطر بالاعتماد على البيانات الواردة ضمن الادبيات مثل الكتب والبحوث والمجلات المحكمة، وورش العمل والندوات والمؤتمرات العلمية، والتقارير الصادرة من الهيئات الحكومية حول موضوع البحث، وأيضاً الاعتماد على الموصفات واللوائح والمعايير المرجعية المُتعلقة بتطوير وتأهيل مكبات النفايات، والبيانات التي تم الحصول عليها من خلال المُلاحظة ومُراقبة الأنشطة واجراء المُقابلات والتحقيقات مع مسؤولي المكبات وأعمال النظافة العامة بالبلدية، والمختصين العاملين بمؤسسات الدولة المختصة بحماية البيئة وإدارة النفايات الصلبة، وكذلك بأجراء التجارب والقياس المُباشر للخصائص الهندسية والمساحية وذلك حسب كل مُتغير (خاصية).

الجدول رقم (1) يوضح وزن المتغيرات وحساسيتها وفق لمؤشر تقييم المخاطر (Kurian, et al., 2005)

ر.م	المتغير (الخاصية)	وزن المتغير (الخاصية)	مؤشر الحساسية			
			0.25-0.0	0.50-0.25	0.75-0.50	1.0-0.75
معايير خاصة بالموقع						
1.	المسافة بين المكب وأقرب مصدر للمياه بالمتر (م)	69	5000 <	5000- 2500	2500-1000	1000 >
2.	عمق النفايات بالمتر (م) .	64	3 >	10 - 3	20 - 10	20 <
3.	مساحة المكب بالهكتار .	61	5 >	10 - 5	20 - 10	20 <
4.	عمق المياه الجوفية بالمتر (م) .	54	20 <	20 - 10	10 - 3	3 >
5.	نفاذية التربة (6-1×10 [^] سم/ الثانية).	54	0.1 >	1.0 - 0.1	10.0 - 1.0	10 <
6.	جودة المياه الجوفية.	50	ليست مصدر قلق	قابلة للشرب	قابلة للشرب اذا لم يوجد بدائل	غير قابلة للشرب
7.	المسافة الى البيئات الحرجة مثل الأراضي الرطبة والغابات المحمية بالكيلومتر (كم) .	46	25 <	25 - 10	10 - 5	5 >
8.	المسافة الى أقرب مطار بالكيلومتر (كم).	46	20 <	20 - 10	10 - 5	5 >
9.	المسافة بين المكب وجسم اقرب مسطح مائي بالمتر (م) .	41	8000 <	8000 - 1500	1500 - 500	500 >
10.	نوع التربة (نسبة الطين) %.	41	50 <	50 - 30	30 - 15	15 - 0
11.	عمر الموقع للاستخدام المستقبلي (بالسنوات).	36	5 >	10 - 5	20 - 10	20 <
12.	نوع النفايات (النفايات الخطرة % / لنفايات الصلبة %).	30	100% نفايات بلدية صلبة	75% نفايات بلدية صلبة + 25% نفايات خطرة	50% نفايات بلدية صلبة + 50% نفايات خطرة	50 < % نفايات خطرة
13.	اجمالي كمية النفايات في الموقع (بالطن).	30	10 [^] 4>	5 [^] 10- 4 [^] 10	6 [^] 10- 5 [^] 10	6 [^] 10<
14.	كمية النفايات التي يتم التخلص منها (طن/ اليوم).	24	250 >	500 - 250	1000 - 500	1000 <
15.	المسافة الى اقرب قرية في اتجاه الرياح السائدة (م)	21	1000 <	1000 - 600	600 - 300	300>
16.	قابلية الفيضان (فترة الفيضان بالسنوات).	16	100 <	100 - 30	30 - 10	10>
17.	هطول الأمطار السنوي في الموقع (سم/سنة).	11	25>	125-25	250-125	250 <
18.	البعد عن المدينة بالكيلومتر (كم).	7	20 <	20 - 10	10 - 5	5 >
19.	القبول العام.	7	عدم وجود مخاوف	قبول إعادة التأهيل	قبول الاغلاق	قبول الاغلاق وإعادة التأهيل
20.	جودة الهواء المحيط (نسبة غاز الميثان بالهواء) CH4%.	3	0.01>	0.05-0.01	0.1- 0.05	0.1 <
معايير خاصة بخصائص النفايات في المكب						
21.	محتوى النفايات الخطرة %	71	10 >	20 - 10	30 - 20	30<
22.	الجزء القابل للتحلل من النفايات في الموقع(%)	66	10 >	30 - 10	60 - 30	100 - 60
23.	عمر النفايات بالمكب (بالسنوات).	58	30 <	30 - 20	20 - 10	10 >
24.	رطوبة النفايات في الموقع (%) .	26	10 >	20 - 10	40 - 20	40 <
معايير خاصة بالمادة الراشحة (العصارة)						
25.	BOD مللي جرام / لتر .	36	30 >	60 - 30	100 - 60	100 <
26.	COD مللي جرام / لتر .	19	250 >	350 - 250	500 - 350	500 <
27.	TDS مللي جرام / لتر .	13	2100 >	3000-2100	4000-3000	4000 <

جدول رقم (2) معايير تقييم الخطورة للمكبات على أساس مؤشر الخطر المحتمل (Kurian, et al., 2005)

مؤشر المخاطر (RI) وهو المجموع التراكمي لحاصل ضرب أوزان المتغيرات في حساسيتها	تقييم المخاطر (تقييم درجة المخاطر الناتجة عن المكب)	الإجراءات الموصى بها
1000 - 750	عالي جدا	اغلاق المكب مع عدم وجود المزيد من المكبات في المنطقة واتخاذ الإجراءات العلاجية للتخفيف من الآثار البيئية.
749 - 600	عالي	اغلاق المكب مع عدم وجود المزيد من المكبات في المنطقة ، والعلاج والتأهيل يكون اختياري .
599 - 450	متوسط	إعادة التأهيل الفوري للمكب وتحويله الى مكب نفايات مستدام .
449 - 300	منخفض	ترقية وتطوير المكب (إعادة تأهيل المكب وتحويله الى مكب نفايات مستدام على مراحل).
300 >	منخفض جدا	الموقع ملائم ويصلح كمكب نفايات في المستقبل .

النتائج:

نتائج أداة اتخاذ القرار المبينة على أساس النهج المتكامل لتقييم المخاطر (IRBA):

أن تقييم صفات وخواص مكب النفايات بمدينة البيضاء وما يقابلها من مؤشرات، والموضحة في الجدول رقم (3)، والتي يتضح من خلالها أن المجموع الكلي لمؤشر المخاطر لمنهجية (IRBA) كان بمقدار (602.32)، وهو عبارة عن الناتج النهائي للمجموع التراكمي لوزن الخاصية مضروباً في مؤشر الحساسية وفق القياس المتعلق بكل خاصية، وهذه القيمة وفقاً للجدول رقم (2) والذي يُبين معايير تقييم الخطورة للمكبات على أساس مؤشر الخطر المحتمل، حيث تشير هذه القيمة الى احتمالية وجود خطر مُرتفع والحاجة الى إغلاق المكب مع عدم وجود المزيد من المكبات في المنطقة وفق المعايير الموضحة بالجدول المذكور. حيث يتضح من خلال عملية التقييم وجود قصور في العمليات التشغيلية بمكب نفايات البيضاء، يترتب عليها تبعات فنية واقتصادية وبيئية كبيرة عند الرغبة بالقيام بأعمال المعالجة وأعادة التأهيل وإغلاق المكب، نتيجة تراكم النفايات التي تم إزاحتها نزولاً الى مجرى الوادي، حيث لجأت الجهة المسؤولة عن تشغيل المكب لذلك من اجل خلق حل سهل و رخيص وسريع لغرض توسيع منطقة تفريغ ورمي القمامة على حساب البيئة المجاورة، وهذا بدوره خلق مشكلة فنية كبيرة، وهذه المشكلة الفنية تمثلت في رفع تكاليف تأهيل واستصلاح المكب لغرض إغلاقه، عوضاً عن المشاكل البيئية الأخرى والتي قد تؤدي الى آثار بيئية وخيمة على المدى البعيد، حيث أن التصرفات الحالية تُساعد بشكل كبير على سرعة انتقال الملوثات الناتجة عن النفايات وتسربها للوسط البيئي المحيط بالمكب، وبالأخص للملوثات التي لديها خصائص التراكم الحيوي مثل المعادن الثقيلة والملوثات التي لديها خصائص مُسرطنة (الياسري، 2015)؛ ان دفع النفايات وجعلها تتراكم وتتجمع نزولاً على المنحدرات الى أسفل الوادي أدى الى تشكيل كتلة هائلة من النفايات، وهذا بدوره يؤدي الى مُشكلتين رئيسيتين؛ أولها هي أن تلك الكمية الضخمة المُتراكمة على مُنحدر الوادي والذي يتميز بميولة الشديدة سوف تُعاني من مشاكل عدم الثبات وعدم الاستقرار ومخاطر حدوث الانهيارات، مما يُلقى أعباءه على عملية إعادة التأهيل، وثانيها ان تلك النفايات يحدث بها تفاعلات كيميائية مُختلفة وتحلل بيولوجي، مما يؤدي الى تكوين العديد من الملوثات والمواد السامة والتي في وضعها الحالي يكون من السهل عليها الانتقال بواسطة جريان المياه السطحية في موسم الأمطار والفيضانات، وهبوطها بفعل قوى الجاذبية الأرضية الى مجرى الوادي، وكذلك نزول السائل الراشح (العُصرة) الى مجرى الوادي، حيث تتلاقى وتختلط مع مياه الصرف الصحي القادمة من منطقة الغريقة لتشكل بُحيرة من السوائل الملوثة التي تتدفق عبر الوادي، والشكل رقم (2) يوضح تشكل بُحيرة من السوائل الملوثة لخليط من العُصرة ومياه الصرف الصحي.

الجدول رقم (3) يوضح نتائج قياس المتغيرات وحساسيتها لمكب نفايات البيضاء

ر.س	المتغير (الخاصية)	وزن المتغير (الخاصية)	قياس الخاصية	مؤشر الحساسية	النتيجة
معايير خاصة بالموقع					
1.	المسافة بين المكب وأقرب مصدر للمياه بالمتر (م)	69	600 م	0.85	58.65
2.	عمق النفايات بالمتر (م) .	64	6.2 م	0.40	25.60
3.	مساحة المكب بالهكتار .	61	7.11 هكتار	0.36	21.96
4.	عمق المياه الجوفية بالمتر (م) .	54	600 م	0.00	0.00
5.	نفاذية التربة (1×10^{-6} سم/ الثانية).	54	10×10^{-6} سم/ ث	1.00	54.00
6.	جودة المياه الجوفية	50	قابلة للشرب	0.35	17.50
7.	المسافة الى البيئات الحرجة مثل الأراضي الرطبة والغابات المحمية بالكيلومتر (كم) .	46	صفر (كم)	1.00	46.00
8.	المسافة الى أقرب مطار بالكيلومتر (كم).	46	17.82 كم	0.31	14.26
9.	المسافة بين المكب وجسم اقرب مسطح مائي بالمتر (م).	41	صفر (كم)	1.00	41.00
10.	نوع التربة (نسبة الطين) %.	41	12.7 %	0.80	32.80
11.	عمر الموقع للاستخدام المستقبلي (بالسنوات).	36	(5 - 10) سنوات	0.50	18.00
12.	نوع النفايات (النفايات الخطرة % / لنفايات الصلبة %).	30	MSW %75 + HW %25	0.50	15.00
13.	اجمالي كمية النفايات في الموقع (بالطن).	30	198369 طن	0.78	23.40
14.	كمية النفايات التي يتم التخلص منها (طن / اليوم).	24	300 طن / اليوم	0.30	7.20
15.	المسافة الى اقرب قرية في اتجاه الرياح السائدة بالمتر (م) .	21	1000 م	0.25	5.25
16.	قابلية الفيضان (فترة الفيضان بالسنوات).	16	10 سنوات	0.75	12.00
17.	هطول الأمطار السنوي في الموقع (سم/سنة).	11	51.8 سم / السنة	0.32	3.52
18.	البعد عن المدينة بالكيلومتر (كم).	7	0.25 كم	1.00	7.00
19.	القبول العام	7	اغلاق المكب مع إعادة تأهيله	1.00	7.00
20.	جودة الهواء المحيط (نسبة غاز الميثان بالهواء CH ₄ %).	3	0.02	0.35	1.05
معايير خاصة بخصائص النفايات في المكب					
21.	محتوى النفايات الخطرة %	71	21 %	0.53	37.63
22.	الجزء القابل للتحلل من النفايات في الموقع (%)	66	68 %	0.80	52.80
23.	عمر النفايات بالمكب (بالسنوات).	58	64 سنة	0.25	14.50
24.	رطوبة النفايات في الموقع (%)	26	36%	0.70	18.20
معايير خاصة بالمادة الراشحة (العصاره)					
25.	BOD مللي جرام / لتر	36	450 مجم / لتر	1.00	36.00
26.	COD مللي جرام / لتر	19	3260 مجم/ لتر	1.00	19.00
27.	TDS مللي جرام / لتر	13	9740.6 مجم / لتر	1.00	13.00
المجموع					602.32



شكل رقم (2) يوضح تشكل بحيرة من السوائل الملوثة لخليط من العصارة ومياه الصرف الصحي

– مناقشة النتائج ومقترحات إعادة التأهيل:

من خلال النتائج المُتَحَصَّل عليها من دراسة عملية تقييم مكب النفايات بمدينة البيضاء، وفق النهج المتكامل القائم على المخاطر (IRBA)، وذلك من خلال الجدول رقم (4)، الذي يوضح نتائج قياس المتغيرات وحساسيتها، حيث يتضح من خلاله أن هناك بعض الخصائص المقاسة لها درجة حساسية عالية، وبالتالي فإن درجة تأثيرها يكون شديد، مما يدل على مقدار الخطورة العالي لتلك الخصائص، والتي يجب إيلائها عناية خاصة عند تصميم عمليات إعادة التأهيل والقفل الآمن، وبالتالي ستكون من أولويات بنود عمليات إعادة التأهيل للمكب، بحيث تُراعى الخصائص الأكثر تأثيراً من خلال عملية الاستصلاح والتأهيل، و لتقليل وخفض المخاطر لأقصى درجة وأقل تكلفة ممكنة، ومن أجل تنفيذ ذلك الغرض تم إجراء عملية تحليل لتلك النتائج و كما يلي:

أولاً: - الخصائص ذات التأثير من الشديد الى الأقصى درجة على مؤشر المخاطر والتي كانت حساسيتها بقيمة بين (0.95 - 1.0): وهذا يعنى أن شدتها كانت من (95% - 100%) وهي:

1- نفاذية الأرض المكونة لقاعدة المكب: حيثُ اتضح من خلال الدراسة أن خاصية النفاذية للتكوينات الجيولوجية لأرضية المكب عالية، مما يؤدي لوجود تهديد كبير لاحتمالية تسرب المُلوّثات للمياه الجوفية، وللاحتياط من هذه المشكلة يجب اتخاذ الإجراءات التالية:

. تنفيذ آبار مراقبة في مُحيط منطقة المكب لمراقبة المياه الجوفية، وذلك من خلال أخذ عينات من مياه تلك الآبار بشكل دوري، للتأكد من سلامة خزان المياه الجوفية في المنطقة وضمان عدم وصول الملوثات إليه، ومن أجل ذلك يقترح تنفيذ وحفر عدد (3) آبار مراقبة على عمق (600) م كحد أدنى، وذلك وفقاً لأعماق المياه الجوفية الخاصة بالمنطقة (العلی، 2018).
ونظراً لكون المكب مردوم بالنفايات بمتوسط ارتفاع يصل الى (6.2) م، وحيثُ أنه من الصعب التعامل مع مكبات النفايات المُمتلئة والتي لا يُمكن الوصول الى أرضيتها من أجل عمليات التثبيت، فإن البديل يكون بالتركيز على الغطاء العلوي لمنع تسرب مياه الامطار الى كتلة النفايات المظمورة، والتحكم في مياه السيول والمياه السطحية وتصريفها بعيداً عن كتلة النفايات، وكذلك تجميع السائل الراشح (العصارة) من كتلة النفايات (شاهين وآخرون، 2023).

2- المسافة الى البيئات الحرجة: حيث يقع المكب بمنطقة بيئات حرجة تتمثل في الغابات، مما يؤدي الى تدهور الغطاء النباتي في منطقة المكب، بسبب التلوث الناتج عنه، ولأن المنطقة المتاخمة للمكب هي عبارة عن وادي، ويُمثل مجرى مائي رئيسي لوادي الكوف، ونظراً لاستغلاله في إزالة النفايات إلية، مما يُهدد بمخاطر بيئية كبيرة من احتمالية تسرب السائل الراشح(العصارة) الهابط بفعل الجاذبية الى مجرى الوادي عبر احد الصدوع او الفوالق واختلاطها بالمياه الجوفية، ولاستدراك ذلك يُقترح تنفيذ الحواجز اللوحية المعدنية (Sheet pile) (Kumar,2021)، في منطقة الحزام السفلي للوادي والملاصقة للحافة الجبلية حتى تصل الى طبقة صخرية غير منفذة للمياه، مع عمل قناة بجوار الحافة الجبلية في أسفل الوادي يمدد خلالها مواسير مُثقبة من مادة البولي ايثيلين عالي الكثافة (HDPE) (JICA(b),2010)، وتُردم بطبقة تصريف من الحصى متوسط التدرج تعمل كمرشح لتصفية وتميرير السائل الراشح للأنابيب، وضمان عدم انسدادها بالشوائب، وذلك لضمان عدم تسرب العصارة خلال مجرى الوادي (أبوالعجين، 2011).

3- المسافة بين المكب وسطح أقرب جسم مائي: والذي يتمثل بمجرى الوادي المُلاصق للمكب، والذي يجمع وينقل المياه السطحية خلال موسم الامطار، والمُعالجة هنا هي نفسها التي تم توضيحها في الفقرة السابقة.

4- البُعد عن المدينة: نظراً لكون المكب مُلاصق للمدينة، فأن ذلك يرفع مُعدل المخاطر القادمة من المكب وتأثيرها على السكان المُجاورين، ولعل من أهم تلك المخاطر هو الدخان والانبعاثات السامة الناتجة عن احتراق النفايات بالمكب، والتي تُغطي المدينة في أوقات كثيرة من السنة، وان هذه الانبعاثات مُستمرة حتى في فصل الشتاء، مما يجعلها مصدر خطر نتيجة للآثار الصحية السلبية المصاحبة لها، ومن اجل تخفيف تلك الآثار يُقترح اجراء عمليات تأهيل تتمثل بتغطية سطح النفايات بطبقات عازلة، ونظراً لكون اغلب النفايات مُوجودة على منطقة مُنحدرة باتجاه الوادي، فأن الأمر يتطلب استخدام طرق وتقنيات مُبتكرة لتغطية النفايات وتثبيت المنحدرات، مثل استخدام الشبك المعدني والخرسانة المقذوفة وغيرها من التقنيات (Reddy & Basha,2014).

5- مدى القبول العام للمكب: ومن خلال النتائج يتضح أن الرأي العام يؤيد عملية قفل المكب بعد اجراء عملية إعادة تأهيله، وهذا يعكس الشعور بوجود تهديد على الصحة العامة وتأثر الملكيات الخاصة بمُحيط المكب.

6- المعايير الخاصة بالسائل الراشح (العصارة): حيث تبين ارتفاع مُعدلات كلاً من (BOD) و (COD) و (TDS)، ووصلها الى القيمة القصوى على مقياس المخاطر، مما يدل على ارتفاع نسبة الملوثات بالسائل الراشح الناتج عن النفايات، ومن أجل ذلك يُقترح بالإضافة الى طريقة جمع العصارة المذكورة في الفقرة السابقة رقم (2)، ان يتم بناء خزان تجميع للسائل الراشح بالمنطقة السفلية للمكب وان يتم معالجتها او إعادة ضخها وتدويرها ضمن كتلة النفايات لتعزيز رطوبتها خاصة في الفترات الجافة من أجل تحسين عمليات التحلل البيولوجي للنفايات (Johannsson,1999).

ثانياً: - الخصائص ذات التأثير من العالي الى الشديد، على مؤشر المخاطر والتي كانت حساسيتها بقيمة تتراوح بين (0.75 - 0.95)، وهذا يعني أن شدتها كانت من (75% - 95%)، وهي تمثل الخصائص التالية بالترتيب:

1 - المسافة بين المكب وأقرب مصدر للمياه: ونظراً لأن أقرب مصدر مياه للشرب يقع على مسافة قريبة نسبياً من المكب، مما يجعله تحت طائلة تأثيراته، لذلك يجب اجراء اختبارات مُنظمة على ذلك المصدر، للتأكد من عدم تلوثه، وذلك بالإضافة الى الأجراء المذكور سابقاً بخصوص حفر آبار مراقبة.

2 - نوع التربة الأساسية (النسبة المئوية للطين %): ونظراً لكون الطين من المواد ضعيفة النفاذية، ويُعتبر وجوده جيد كمادة عازلة ضد تسرب الملوثات عبر المياه التي ترشح الى المكونات الجوفية، وأن افتقار المكب لتربة عميقة ذات قوام طيني مرتفع يعمل كطبقة حماية بأرضية المكب ضد التسرب، ونظراً الى أن نسبة الطين بسيطة في تكوين تربة المكب (12.7%) فأن أخذ

الاحتياطات اللازمة لمنع حدوث أي تسرب جوفي للملوثات يكون ضروري عند إعادة تأهيل المكب، ونظراً لكون المكب مُمتلئاً بالنفايات ولا يُمكن تنفيذ عمليات تطهير لقاعدته من الناحية العملية، فأن الحل يتركز على السيطرة على عملية تجميع السائل الراشح وتغطية سطح النفايات بطبقات تعزلها عن الأمطار والبيئة الخارجية، وذلك لتقليل أكبر قدر ممكن من تكون السائل الراشح (العُصرة)، ومنع تسرب المياه داخل كتلة النفايات والتي تُعتبر العامل الأساسي لحمل الملوثات ونقلها للأوساط البيئية المختلفة (JICA(a), 2010).

3- أجمالي كمية النفايات في الموقع بالطن: حيثُ تُشير شدة هذه الخاصية الى أن الكميات المُتراكمة من النفايات أصبحت كبيرة جداً، وما ترتب على ذلك من ممارسات خاطئة تمثلت بإزاحة تلك الكميات الى الوادي المُجاور، وكذلك حرق النفايات في الموقع كمحاولة لترميدها وتخفيض حجمها، مما أدى لارتفاع تلوث الهواء وارتفاع تركيز الجسيمات الضارة بالجو، وكذلك تكون الرماد المحتوي على الملوثات مثل المعادن الثقيلة (العلي، 2018)، ومن أجل ذلك فأن الحل يكمن في عملية إعادة التأهيل للحد من تلك التأثيرات ومن ثم قفل الموقع بشكل آمن بيئياً.

4 - قابلية الفيضان (فترة الفيضان بالسنوات): نظراً لوقوع جزء كبير من كُتلة النفايات على منحدر جبلي نزولاً الى مجرى الوادي، والذي سيؤدي الى حمل النفايات والملوثات بالمياه المُتدفقة الى مسافات طويلة عند جريان الوادي او خلال الفيضانات، مما يُسبب في تلوث كل ما هو في طريقه، ومن أجل ذلك يُقترح في عملية إعادة التأهيل أن يتم توسيع مجرى الوادي في الجزء المُحاذي للمكب من اسفل الوادي، بحيث يتم استخدام جزء لتنفيذ سدة ركامية تمتد على طول الخط المُحاذي للمكب لحجز ومنع النفايات من الدخول لمجرى الوادي والحيول دون انجرافها مع المياه والسيول المتدفقة خلال موسم الأمطار.

5- المُكونات العضوية (الجزء القابل للتحلل من النفايات): وتتمثل خطورته في كونه يشكل بيئة جيدة لتكاثر الحشرات والقوارض وناقلات الامراض، وكذلك نمو الجراثيم والميكروبات، وايضاً يُستغل من قبل الحيوانات السائبة مما يشكل مصدر لنقل الأمراض، مما يتوجب السيطرة على تلك المشكلة بوضع برنامج إعادة تأهيل يتضمن احدى تقنيات المُعالجة البيولوجية الهوائية (شاهين وآخرون، 2023).

الاستنتاجات:

أن الممارسات التشغيلية الخاطئة بمكب النفايات الصلبة بمدينة البيضاء، ترفع من درجة الصعوبة و التعقيد التي تحتاجها عمليات إعادة التأهيل وتجعل تكلفتها باهضة، ومن المعلوم ان المشاكل التشغيلية للمكبات تؤدي الى صعوبة في عملية اغلاقها بشكل آمن، وان ذلك يعكس الارتباط الوثيق بين مدى صحة وسلامة عمليات تشغيل وأداره المكبات ومدى نجاح عمليات تأهيلها وقفلها بشكل آمن، بل أن الأمر لا يقل أهمية حتى في حالة اختيار مواقع ملائمة وصالحة كمكبات ومطابقة للمعايير البيئية ومصممة بشكل هندسي سليم، حيث لن يُكتب لها النجاح إلا إذا تم أدارتها وتشغيلها بشكل سليم وفق المواصفات والمعايير البيئية، ومن المعروف ان جزء كبير من عمليات إنشاء وتنفيذ المكبات هي عمليات أداريه وتشغيلية تتم خلال العمر الزمني للمكب، من خلال عمليات مُتعددة تشمل طرح وفرد النفايات في طبقات ورصها وتغطيتها، وحفر الخنادق والخلايا وتمديد مواسير تجميع العُصرة وتركيب شبكة التخّص من الغازات وغيرها من العمليات اللازمة في انشاء المكبات؛ أن مُراجعة العمليات التشغيلية وكيفية أدارة المكب وتوضيح الوضع الراهن لتلك العمليات، يُساعد بشكل كبير في عملية اتخاذ القرار ويضع أساس سليم لتصميم عمليات إعادة التأهيل والقفل الآمن للمكب والتخفيف من الآثار البيئية والصحية الناتجة عنه.

التوصيات:

1. ضرورة توفير موقع بديل للتخلص من النفايات البلدية الصلبة وبشكل عاجل، ويجب ان يتم اختياره من قبل لجان مُتخصصة، مع مُراعاة المعايير والتشريعات البيئية الخاصة باختيار مواقع المكبات.
2. ضرورة إغلاق المكب الحالي لما يشكله من تهديدات مُحتملة على البيئة والصحة العامة.
3. ضرورة تحسين العمليات التشغيلية الحالية للمكب الى حين توفر الموقع البديل والشروع في عمليات قفل الموقع الحالي .
4. يُمكن الاستفادة من الموقع الحالي بعد عمليات إعادة تأهيله، في تحويله الى محطة وسطية لترحيل النفايات وتوفير تكاليف يمكن ان تتحملها البلدية في شراء الأرض.
5. يجب تنفيذ آبار مُراقبة للتأكد من عدم تسرب المواد الملوثة الناتجة عن المكب الى خزانات المياه الجوفية.
6. عمليات التأهيل والقفل الآمن لمكب مدينة البيضاء يجب ان تتضمن تثبيت المنحدرات، والميول الحرجة، وإقامة الحواجز الساندة، وتنفيذ غطاء نهائي لسطح المكب، وتنفيذ مرافق تصريف مياه الامطار، وآبار التخلص من الغازات، وبركة تجميع السائل الراشح، وإنشاء سياج على مُحيط المكب، ولوحات تحذيرية وبوابة حراسة على المدخل الرئيسي.

المراجع:

- أبو العجين، رامي عبد الحي. 2011. تقييم إدارة النفايات الصلبة في محافظة دير البلح. رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا. الجامعة الإسلامية غزة. فلسطين.
- العلي، سناء أحمد. 2018. إعادة تأهيل مكبات النفايات الصلبة العشوائية (حالة الدراسة: مكب صافيتا - محافظة طرطوس). رسالة ماجستير. قسم هندسة النظم البيئية. جامعة تشرين. اللاذقية - سوريا.
- الياسري، كفاية حسن. 2015. موقع الطمر في الصياحية وأثره على المناطق المجاورة. مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية / جامعة بابل. العدد (21): 456 - 467.
- بالحسن، عادل إبريك؛ أبو حليقة، عبد العزيز عبد الحكيم وصالح، علي المبروك. 2019. الآثار البيئية لمكب القمامة بجوار المنطقة الصناعية بمدينة طبرق - دراسة بيئية. مجلة أبحاث. العدد (13): 313 - 348.
- شاهين، هيثم؛ خلوف، نسرين وحلوم، علا. 2023. تقييم واقع مكبات النفايات العشوائية في محافظة اللاذقية ودراسة إمكانية إعادة تأهيلها. مجلة جامعة تشرين. 45 (4): 355 - 373.
- مبارك، عبد المنعم موسى؛ لشهب، سعد رجب والعمروني، ناصر علي. 2022. تقييم آلية إدارة النفايات لمكب الشليوني جنوب شرق مدينة المرج وأثره على السكان. مجلة جامعة السلام الدولية. العدد (13): 167-184.
- JICA(a) (Japan International Cooperation Agency). 2010. Guidebook for Safe Closure of Disposal Sites. National Solid Waste Management Commission (NSWMC). JAPAN.
- JICA (b) (Japan International Cooperation Agency). 2010. Technical Guidebook on Solid Waste Disposal Design. Operation and Management. National Solid Waste Management Commission (NSWMC). JAPAN.
- Johannsson, Lars Mikkel. 1999. Guidance Note on Leachate Management for Municipal Solid Waste Landfills. THE WORLD BANK. Washington D. C. USA.
- Kumar, Manoj (2021). A practical Approach to Design of Sheet Pile Wall Structures. Indian. New Delhi. Notion Press.

- Kurian, S Esakku ; Nagendran, R & Visvanathan, C.2005. A decision-Making Tool for Dumpsite Rehabilitation in Developing Countries. Sardinia 2005 Tenth International Waste Management & Landfill Symposium. S Margherit di pula, Caligari. Italy. 3-7 October 2005.
- Reddy, Krishna R & Basha, B Munwar. 2014.Slope Stability of waste Dumps and Landfills: state-of- the Art and Future challenges. Proceeding of Indian Geotechnical Conference IGC-2014, December 18- 20 / 2014.Karinada. India.