

**INFLUENCE DES RAYONS GAMMA SUR LES PARAMETRES
MORPHOLOGIQUES ET AGRONOMIQUES DE SEMENCES D'UNE
VARIETE DE BLE TENDRE CULTIVEE EN ALGERIE**

**Fernane-Meliani S^{1,2}, Abdellaoui Z²,
Akretche-Kelfat S^{1,3}, Brahmi F⁴ et B Ancer¹**

[Author requested not to include photo]

Auteur correspondant: fernanesamia@yahoo.fr

¹École Nationale Supérieure Agronomique, Département des sciences alimentaires, Hassan Badi 16 200, Alger, Algérie

²Université Saad Dahleb, Blida 1. Département d'Agroalimentaire. Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Blida, 09000, Algérie

³Laboratoire des sciences de génie des procédés industriels. Faculté de génie mécanique et génie des procédés. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Boite postale 32 El Alia, 16111 Bab Ezzouar, Algérie

⁴Université Abderrahmane Mira. Béjaia. Département des Sciences Alimentaires. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Laboratoire de Biophysique, Biochimie, Biomathématique et Scientométrie (3BS), Algérie



RESUME

L'objectif de cette étude était de déterminer les effets de diverses doses de rayons gamma sur les paramètres morphologiques et agronomiques de semences de blé (Anza). L'expérimentation a été menée à la station expérimentale de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach (Alger, Algérie), sur une parcelle en bloc aléatoire complet, en évaluant la croissance et les composantes de rendement d'une culture, sur deux années consécutives, de cette variété locale de blé tendre (Anza) cultivée en Algérie. Les graines ont été irradiées avec des rayons gamma de 0,10, 0,15 et 0,20 KGy (KiIoGry), tandis que la dose de 0KGy a été retenue comme témoin. Les résultats ont montré que la germination n'a pas été affectée par l'irradiation. La hauteur de la tige la plus marquée a été donnée par le témoin pendant les deux années de culture. A la première année, la dose de 0,20KGy et le témoin ont manifesté la meilleure longueur de l'épi (8,97cm) et le plus grand nombre de pieds levés/m² a été noté à la deuxième année avec le blé traité à 0,20KGy (149). Le nombre le plus élevé d'épis /m² est obtenu par les échantillons irradiés à 0,20 KGy et le témoin a donné le plus grand nombre de grains par épi, alors qu'une amélioration de la masse de 1000 grains a été constatée à 0,20KGy. La dose de 0,20KGy a également produit le meilleur rendement en grains à la récolte des deux années (56 et 55q/ha). Il y a eu une interaction entre l'année de culture et la dose d'irradiation pour le nombre de pieds levés et le nombre d'épis/m². Les faibles doses de rayons gamma, notamment la dose de 0,20 KGy ont contribué à l'amélioration des caractéristiques morphologiques et agronomiques de la variété locale de blé tendre (Anza) cultivée en Algérie, à savoir : la longueur de l'épi, le nombre de pieds levés et d'épis/m², la masse de 1000 grains et le rendement en grains.

Mots clés: Croissance, grains de blé, irradiation, gamma, doses, morphologie, rendement



INFLUENCE OF GAMMA RAYS ON THE MORPHOLOGICAL AND AGRONOMICAL PARAMETERS OF SEEDS OF A COMMON WHEAT VARIETY GROWN IN ALGERIA

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of different doses of gamma rays on morphological and agronomical parameters of wheat seeds (Anza). The experiment was conducted in the experimental station of the National School of Agricultural Sciences, El Harrach, Algiers (Algeria). The wheat crop was carried out on a plot in complete random block, by evaluating the growth and yield components of a crop, over two consecutive years, of this common wheat variety (Anza) grown in Algeria. Seeds samples were irradiated with low doses of gamma rays at 0.10, 0.15 and 0.20 KGy (KiloGry), while 0KGy dose was used as a control. The results showed that the number of germinated seeds was not affected by the irradiation treatment. The highest stem height was given by the control in both years, whereas in the first crop year, the 0.20KGy dose with the control showed the best spike length (8.97cm). In the second year, the highest number of raised feet/m² was recorded with wheat at 0.20KGy (149). The evolution of yield components according to irradiation doses revealed that the highest number of spikes/m² was also obtained from samples irradiated at 0.20KGy, the control gave the highest number of seeds by spike, while an improvement in 1000 grain weight was seen at 0.20KGy in both crops. The 0.20KGy dose also produced the highest grain yield at harvest of the two years (56 and 55q/ha). There was an interaction between the crop year and the radiation dose for the number of raised feet and the number of spikes/m². The low gamma ray doses, particularly 0.20 KGy dose, contributed to the improvement of the morphological and agronomical properties of the local common wheat (Anza) grown in Algeria, including spike length, number of raised feet and spikes/m², 1000 grain weight and grain yield.

Key words: Growth, wheat seeds, irradiation, gamma, doses, morphology, yield



INTRODUCTION

Les céréales et leurs dérivés constituent la base de la consommation alimentaire en Algérie, leur disponibilité est assurée principalement par les importations. En effet et selon les statistiques du ministère algérien du commerce, les importations des céréales ont représenté 34,15% de la facture globale des importations pour l'année 2019 [1], bien que des programmes de relance de l'agriculture des céréales, notamment du blé, ont été lancés depuis plus d'une décennie.

Néanmoins, le blé et les plantes en général, sont souvent confrontées au défi de plusieurs conditions environnementales qui entraînent des effets néfastes sur leur croissance, telles que la sécheresse, la salinité, les pesticides nuisibles et les basses températures [2], ce qui provoque des pertes énormes. Plusieurs techniques sont appliquées pour y remédier. Dans ce contexte, l'irradiation, inactive efficacement les agents pathogènes dans les semences contaminées, par le blocage de la reproduction des insectes et la désactivation des bactéries, des spores et des moisissures [3]. La Food Drug and Administration (l'administration américaine des denrées alimentaires et des médicaments) a approuvé l'utilisation des rayonnements ionisants pour contrôler les contaminants microbiens des grains [4].

En outre, l'irradiation des grains de blé aux rayons gamma peut provoquer des changements qui permettront aux phytogénéticiens de sélectionner des génotypes en améliorant leurs caractéristiques physiologiques dont la précocité, la tolérance à la salinité, le rendement en grains et la qualité [5]. Ces rayons sont considérés comme l'un des mutagènes physiques imposant des effets considérables sur les processus physiologiques et biochimiques des plantes [6].

La technique de la conservation par irradiation aux rayons gamma contribue aussi à l'amélioration du blé par l'augmentation du nombre et de la taille des grains, ce qui continue d'être l'objectif majeur de la sélection du blé, en raison de leur effet sur le rendement [7].

Compte tenu des effets des radiations sur les plantes. Cette étude a été menée dans le but de rechercher l'influence des rayons gamma à faibles doses sur certains paramètres morphologiques et agronomiques d'une variété de blé tendre cultivée en Algérie, afin de contribuer à l'amélioration de sa qualité et de son rendement.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal et traitement

L'étude a été menée à la station expérimentale de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach (Alger, Algérie), sur une variété locale de blé tendre (Anza) cultivée en Algérie et provenant de l'ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures, Alger). Cette variété est parmi l'une des plus cultivées en Algérie avec des rendements annuels satisfaisants, et dont les caractéristiques rapportées par Boufenar-Zaghouane et Zaghouane [8] sont citées dans le Tableau 1. Les grains ont subi un nettoyage manuel et répartis en trois lots contenant chacun trois sacs de 500g. Ils ont été soumis à une irradiation, avec une source de Cobalt 60 (activité : 17500 curies, débit de dose : $18 \pm 0,5$ Gy/mn) au Centre de Recherches Nucléaires d'Alger (CRNA).



Dispositif expérimental

L'expérimentation a été menée en bloc aléatoire complet selon le protocole établi par [9], d'une superficie de 165 m² sur deux saisons agricoles successives, 2013-2014 et 2014-2015 s'étalant de Décembre à Juin. Le sol est de type limoneux-argileux. Le dispositif expérimental comptait quatre répétitions comprenant les trois doses d'irradiation et le témoin. Chaque bloc est divisé en quatre parcelles (figure 1) semées en Décembre, après avoir réalisé au laboratoire un test de germination sur 20 graines provenant de chaque lot. Le comptage des graines est effectué quotidiennement, pendant 5 jours. Des traitements phytosanitaires comptant des pesticides et herbicides, ainsi que divers amendements ont été apportés (Tableau 2) avec des compléments d'irrigation. Les conditions climatiques pendant les deux années de culture étaient très rapprochées avec comme exemple une pluviométrie maximale de 79,3mm enregistrée en Décembre, accompagnée d'une humidité de 91,3% et d'une température moyenne de 12,7°. Le cumul pluviométrique enregistré était respectivement de 283,6mm et 294mm, durant la première et la deuxième campagne. La récolte a été effectuée manuellement en Juin.

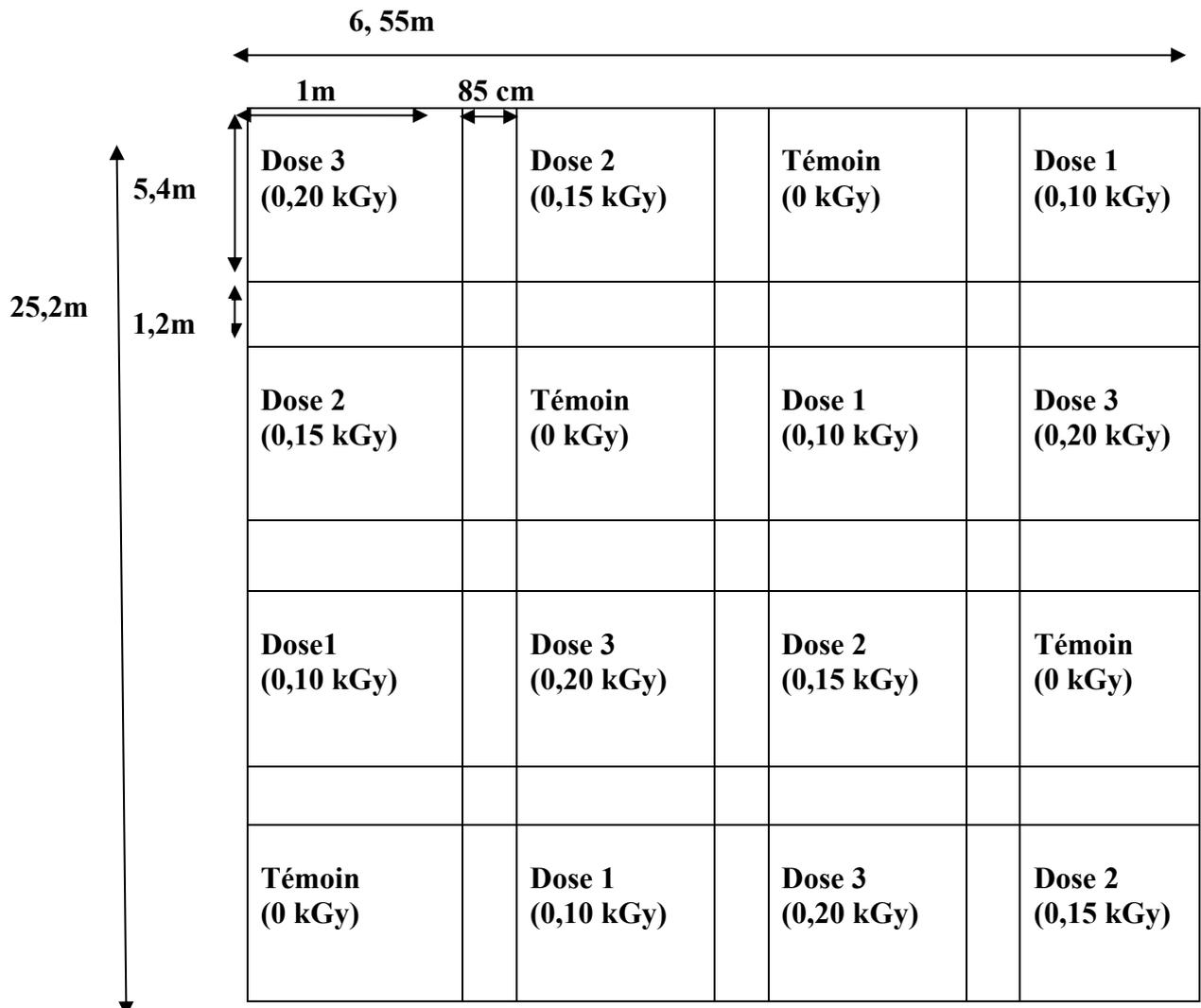


Figure 1: Schéma cultural adopté

Paramètres mesurés

Pour l'évaluation des paramètres physiologiques, dix plants de chaque sous-parcelle sont sélectionnés au hasard. Les caractéristiques morphologiques mesurées sont la hauteur de la tige (cm), la longueur de l'épi (cm) et le nombre de pieds levés/m². À maturité, une évaluation des composantes de rendement est réalisée en mesurant le nombre d'épis/m², le nombre de grains /épi et la masse de 1000 grains (g) avec une estimation du rendement en grains par la mesure de leur masse rapportée à la surface en hectare, selon la formule:

Rendement en grains = Masse totale des grains récoltés/unité de surface.

Analyse statistique

L'ANOVA a été adoptée pour déterminer les différences entre les traitements (STATISTICA version 6) en utilisant l'analyse factorielle. L'année de culture et la dose d'irradiation ont été considérées comme des facteurs fixes. Le test NEWMAN-KEULS à P < 0,05, a été utilisé pour identifier des traitements significativement différents.

RESULTATS ET DISCUSSION

Germination

La figure (2) montre que les doses d'irradiation appliquées n'ont pas influé sur le nombre de grains germés pour les deux années de culture. La germination atteint les 100% (les 20 grains ont tous germés) au troisième jour pour l'échantillon témoin, et à partir du quatrième pour les autres échantillons irradiés. Néanmoins, l'analyse de la variance a montré une différence significative entre les échantillons irradiés et le témoin (P < 0,05) pour le deuxième jour de germination où la dose d'irradiation a diminué le nombre de grains germés. Ce qui laisse dire que l'irradiation pourrait retarder la levée.

La dose maximale appliquée de 0,20KGy n'est pas assez élevée pour inhiber la germination. Les résultats de Melki et Marouani [10], révèlent que les grains de blés irradiés à de faibles doses de 10 à 30 Gy, gardent leur pouvoir germinatif intact. Plusieurs auteurs ont confirmé que la dose de 1,5 kGy est la limite maximale tolérée afin de ne pas inhiber la germination. Daskalova et Spetsov [7] n'ont remarqué aucune différence significative entre les échantillons de blé irradiés à 1,5 KGy et leurs témoins respectifs. Jan *et al.* [11] notent que cela se produisait une fois que les semences étaient soumises à de faibles doses d'irradiation. La germination est réduite avec la durée de stockage du blé et les doses de rayonnement les plus élevées [12].

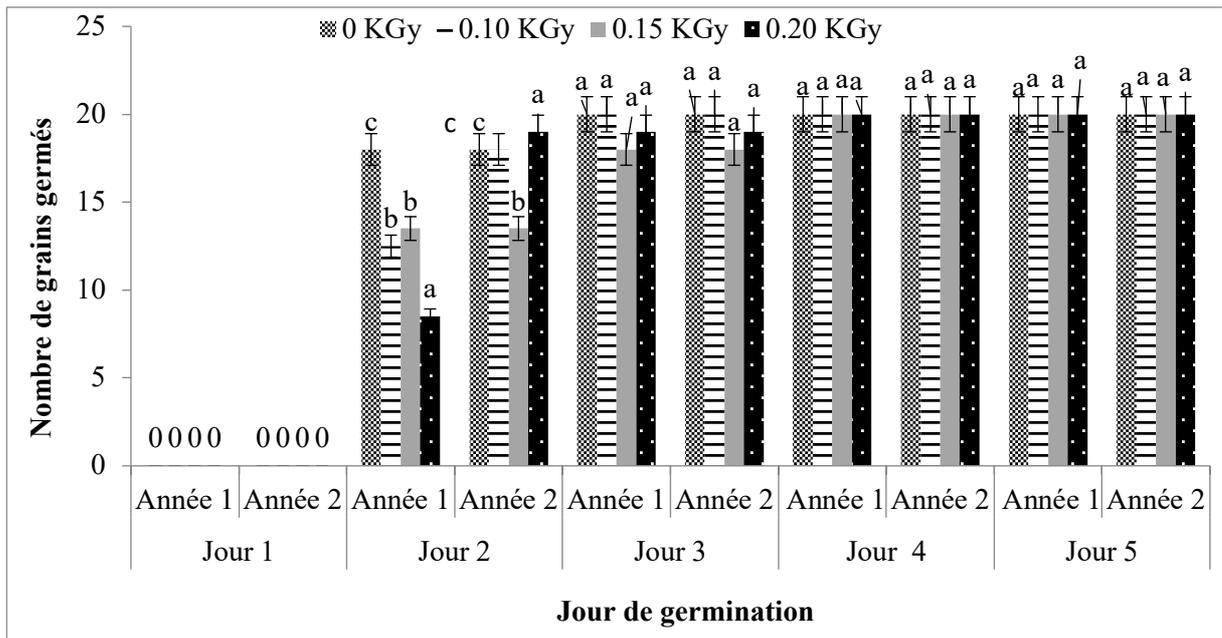


Figure 2 : Influence des rayonnements gamma sur la germination des grains

Caractères morphologiques

L'analyse de la variance des différents aspects morphologiques est donnée par les Tableaux 3, 4 et 5, elle a révélé des différences significatives ($P < 0,05$) de la hauteur de la tige dans la première année et non significatives dans la seconde ($P > 0,05$). La première année, les tiges du témoin et des échantillons traités à 0,10 ont été caractérisées par les plus importantes hauteurs. A la deuxième année, une amélioration de la taille des plants pour l'échantillon traité à 0,20 kGy (77,25 cm) est remarquée. La longueur moyenne de l'épi n'a pas varié significativement d'une dose à une autre ($p > 0,05$) dans les deux années. Le témoin et les échantillons irradiés à 0,20 KGy ont donné la première année la meilleure longueur (8,97 cm). Le nombre de pieds levés/m² est significatif ($p < 0,05$) pour les deux campagnes. Le plus élevé a été observé respectivement à 0,10 KGy (388) et à 0,20 KGy (149) à la première et la deuxième année, et une interaction significative ($P < 0,0001$) entre l'année de culture et les doses d'irradiation a été notée (Tableau 5).

Une légère diminution dans les valeurs des hauteurs de la tige et de la longueur des épis a été enregistrée à certaines doses et une amélioration est notée pour d'autres. Cela pourrait être expliqué par le fait que les doses de rayonnement appliquées exercent différemment leur effet sur les échantillons irradiés et que la réponse est différente d'un échantillon à l'autre. Ahmed *et al.* [13] ont apporté que la hauteur moyenne des tiges a montré une diminution chez des graines de blé traitées aux fortes doses de 4,5 KGy. Abou-Zeid et Abdel-Latif [14] ont remarqué que la dose de 1 KGy améliorerait les paramètres de croissance du blé tendre, notamment la longueur de l'épi, l'effet de dose était significatif sur ce paramètre, d'autre part, ils soulignent que la réduction significative des paramètres de croissance du blé sous des doses plus élevées (5KGy), pourrait être lié à l'effet délétère des fortes doses des rayons gamma sur la structure cellulaire et les réactions biochimiques.

Les doses gamma ont eu un effet stimulant sur le nombre de pieds levés. Irfak et Nawab [15] ont également observé cet effet sur trois variétés de blé tendre irradiées avec des doses de rayons gamma de 1, 2, 3 et 4 kGy. Cependant, Din *et al.* [16] ont obtenu des résultats opposés en indiquant un effet négatif de la dose de 1,5 kGy sur le nombre de pieds levés dans la génération M1 de différents génotypes de blé.

Caractères agronomiques et composantes de rendement

L'Anova a montré un effet significatif de la dose d'irradiation sur le peuplement d'épis par m² ($P < 0,05$). Le Tableau 4 montre que le nombre d'épis/m² est plus élevé à la dose de 0,20 kGy pendant les deux campagnes. Une interaction significative année de culture et dose d'irradiation à $p < 0,0001$ est observée (Tableau 5). Le nombre de grains par épi le plus important est enregistré chez les échantillons témoins avec des différences non significatives ($P > 0,05$). Des valeurs élevées (24,7g) de la masse de 1000 grains sont notées à 0,20 KGy et les variations ne sont pas significatives ($P > 0,05$). Le rendement en grains a significativement ($P < 0,05$) varié avec les doses d'irradiation. Les deux récoltes ont également donné le meilleur rendement (56 et 55q/ha) à la dose de 0,20 KGy.

Une variation du nombre d'épis /m² et du nombre de grains/épi a été observée. L'effet de l'irradiation gamma à faibles doses sur la stimulation de la croissance et des composantes de rendement du blé a été signalé dans plusieurs études. Khah et Verma [4], dans leur recherche réalisée sur du blé tendre irradié au rayons gamma à 0,5, 1, 1,5, 2 et 3 KGy ont constaté une diminution constante du nombre d'épis par mètre carré en fonction des doses, à l'exception de la dose la plus faible (0,5 KGy).

Dans cette étude, la masse de 1000 grains la plus élevée est enregistrée à la dose de 0,20KGy et une élévation du rendement en grains a été constatée aux doses utilisées. Grover et Sardar [17] ont également noté une augmentation de ce paramètre dans du blé irradié à des doses de 0,1 à 0,25 KGy, ainsi que Javed *et al.* [18] qui ont noté une augmentation du rendement d'un blé irradié à des doses relativement faibles. De même, et parmi les cinq doses appliquées par Rahimi et Bahrani [19] sur deux variétés de blé tendre, la dose de 25 Gy a donné le rendement le plus élevé. Il a été démontré qu'à de fortes doses de rayonnement, une accumulation accrue des radicaux super oxydes et du dimaldéhyde s'installe, révélant la production d'espèces réactives oxygénées et toxiques qui exercent un effet inhibiteur des réactions biochimiques et qui détruisent l'intégrité de la membrane plasmique [20].

CONCLUSION

Des semences d'une variété de blé tendre « Anza » cultivée en Algérie ont été irradiées à de faibles doses de rayons gamma (0,10, 0,15 et 0,20KGy) et une culture a été conduite sur deux années consécutives en milieu expérimental. Les résultats obtenus ont montré que les doses d'irradiation appliquées et notamment celle de 0,20 KGy ont contribué à améliorer les propriétés morphologiques et agronomiques de la variété « Anza ».



Cette étude confirme que ces doses sont favorables à cette variété de blé tendre. Il serait utile de les utiliser en agriculture, en vue de son amélioration. D'autant plus que l'effet de la dose dépend aussi des conditions agronomiques et climatiques, qui déterminent la composition du grain, ce qui va avoir un impact sur la réponse du blé aux rayons gamma. De plus, l'irradiation des graines avant le semis est l'une des méthodes les plus efficaces pour améliorer la production végétale, les composantes du rendement et la composition chimique du blé.

REMERCIEMENTS

Les auteurs sont reconnaissants à Khawla Debbah, Nesrine Lekhal et Hassina Nader de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département de l'Agroalimentaire. Université de Blida (Algérie), avec le Centre de Recherches Nucléaires (Alger) et la minoterie (SIM) de Blida (Algérie), pour leur aide dans ce travail de recherche.



Tableau 1 : Caractéristiques de la variété (Anza)

Caractéristiques morphologiques	Compacité de l'épi : demi lâche
	Couleur de l'épi : blanc
	Hauteur de la plante à maturité : courte
Caractéristiques culturales	Alternative : hiver
	Cycle végétatif : précoce
	Tallage : fort
	Résistance au froid : résistante
	Résistance à la verse : résistante
	Résistance à la sécheresse : résistante

Tableau 2: Techniques culturales réalisées et amendements apportés pendant le cycle de développement du blé des deux années

Techniques culturales	Opérations culturales
Travail du sol	Charrue
Façons superficielles	Cover-crop
Lit de semence	Cultivateur à dents flexibles
Fumure de fond	N.P.K (15-15-15) Dose : 300kg/ha
Semis	Dose de semis=140 kg/ha
Roulage	Râteau : pour un meilleur contact grain-sol
Fertilisation minérale	Urée 1 ^{er} apport stade 3 ^{ème} feuille Dose= 45 U/ha
	Urée 2 ^{ème} apport stade plein tallage Dose= 45 U/ha
Fertilisation foliaire	Agriphos stade épiaison Dose =2,5 l/ha
Désherbage sélectif	Damine 600 stade début tallage Dose =1 l/ha
Traitements phytosanitaires	Pythlorex 1 ^{er} fois stade montaison Dose = 175 ml/hl 1,5 l/ha
	Pythlorex 2 ^{ème} fois stade épiaison Dose = 175 ml/hl 1,5 l/ha
	Pythlorex 3 ^{ème} fois stade floraison Dose = 175 ml/hl 1,5 l/ha

N : Azote, P : Phosphore, K : Potassium, U : Unité

Tableau 3: Résultats de l'analyse de la variance de l'effet de la dose d'irradiation, de l'année de culture et de l'interaction entre l'année de culture et les doses d'irradiation

Caractères morphologiques NGG (Jour 2)					
Effet	SC	DDL	MC	F	P
Ord.origine	2730,063	1	2730,063	1323,667	0,000000
Année	0,062	1	0,030	0,030	0,866129
Dose d'irradiation	184,188	3	29,768	29,768	0,000109
Année*Dose d'irradiation	0,187	3	0,030	0,030	0,992341
NGG (Jour3)					
Effet	SC	DDL	MC	F	P
Ord.origine	6006,250	1	6006,250	28,26	0,000000
Année	0,000	1	0,000	0,000	1,000000
Dose d'irradiation	6,250		2,083	0,980	0,448866
Année*Dose d'irradiation	4,500	3	1,500	0,706	0,574878
HT					
Effet	SC	DDL	MC	F	P
Ord.origine	899998,50	1	899998,50	21039,52	0,000000
Année	142,50	1	142,50	33,31	0,000418
Dose d'irradiation	56,51	3	18,84	4,40	0,041570
Année*Dose d'irradiation	25,51	3	8,49	1,98	0,194996
LE					
Effet	SC	DDL	MC	F	P
Ord.origine	1200,103	1	2200,103	4002,928	0,000000
Année	0,668	1	0,668	2,229	0,173780
Dose d'irradiation	0,606	3	0,202	0,674	0,591938
Année*Dose d'irradiation	0,797	3	0,266	0,887	0,488189
NPL/m₂					
Effet	SC	DDL	MC	F	P
Ord.origine	953552,3	1	953552,3	146700,3	0,000000
Année	170156,2	1	170156,2	26177,9	0,000000
Dose d'irradiation	2658,8	3	886,3	136,3	0,000000
Année*Dose d'irradiation	6062,8	3	2020,9	310,9	0,000000

**Caractères
agronomiques**

NE/m₂					
Effet	SC	DDL	MC	F	P
Ord.origine	4921742	1	4921742	193009,5	0,000000
Année	1892	1	1892	74,2	0,000026
Dose d'irradiation	18493	3	6164	241,7	0,000000
Année*Dose d'irradiation	5807	3	1936	75,9	0,000003
NG/épi					
Effet	SC	DDL	MC	F	P
Ord.origine	26732,25	1	26732,25	534,6450	0,000000
Année	2,25	1	2,25	0,0450	0,837309
Dose d'irradiation	78,75	3	26,25	0,5250	0,677240
Année*Dose d'irradiation	56,75	3	18,92	0,3783	0,771348
MMG					
Effet	SC	DDL	MC	F	P
Ord.origine	8934,030	1	8934,030	117,875	0,000000
Année	0,102	1	0,102	0,036	0,912666
Dose d'irradiation	28,361	3	9,454	1,183	0,375563
Année*Dose d'irradiation	20,650	3	6,883	0,883	0,499433
RG					
Effet	SC	DDL	MC	F	P
Ord.origine	40268,45	1	40268,45	4063,559	0,000000
Année	27,77	1	27,77	2,803	0,132645
Dose d'irradiation	428,05	3	142,68	24,398	0,001372
Année*Dose d'irradiation	4,18	3	1,39	0,141	0,932763

HT : hauteur de la tige, LE : longueur de l'épi, NPL : nombre de pieds levés, NE : nombre d'épis, NG :

nombre de grains, MMG : masse de 1000 grains, RG : rendement en grains, * P pour $P < 0.05$, * * P

pour $P < 0.001$, * * * P pour $P < 0.0001$. NS : non significatif ($p > 0.05$)



Tableau 4: Valeurs moyennes des paramètres morphologiques et agronomiques en fonction des doses d'irradiation

Année1				
Doses (KGy)	0	0,10	0,15	0,20
HT (cm)	75,56 ± 0,24 ^b	73,05 ± 0,34 ^b	72,4 ± 0,1 ^b	67,08 ± 0,3 ^a
LE (cm)	8,97 ± 0,18 ^a	8,71 ± 0,18 ^a	8,83 ± 0,20 ^a	8,97 ± 0,15 ^a
NPL/m ²	340 ± 0,7 ^b	388 ± 0,7 ^d	361 ± 1,4 ^c	301 ± 1,4 ^a
NE/m ²	535±0,3 ^b	565±0,26 ^c	476±0,22 ^a	599±0,22 ^d
NG/épi	45±0,2 ^a	40±0,2 ^a	42±0,2 ^a	35±0,2 ^a
MMG (g)	22,5±1,1 ^a	21,2±1,1 ^a	23,3±1,4 ^a	24,7±1,5 ^a
RG (q/ha)	56,3±0,1 ^b	47,3±0,3 ^a	46,2±0,4 ^a	56,2±0,5 ^b
Année2				
Doses (KGy)	0	0,10	0,15	0,20
HT (cm)	79,08 ± 0,26 ^a	78,52 ± 0,36 ^a	77,08 ± 0,27 ^a	77,25 ± 0,34 ^a
LE (cm)	8,94 ± 0,18 ^a	8,82 ± 0,16 ^a	8,04 ± 0,18 ^a	8,06 ± 0,13 ^a
NPL/m ²	148 ± 0,7 ^b	133 ± 1,4 ^a	134 ± 1,4 ^a	149 ± 1,4 ^b
NE/m ²	596 ± 0,4 ^c	536 ± 0,23 ^b	532 ± 0,25 ^a	598 ± 0,2 ^c
NG/épi	44 ± 0,2 ^a	40 ± 0,2 ^a	39 ± 0,2 ^a	42 ± 0,2 ^a
MMG (g)	23,3 ± 1,0 ^a	24,7±1,1 ^a	22,3±1,4 ^a	24,7±1,5 ^a
RG (q/ha)	53,7±0,1 ^b	44,5±0,5 ^a	42,1±0,5 ^a	55,0±0,9 ^b

HT : hauteur de la tige, LE : longueur de l'épi, NPL : nombre de pieds levés, NE : nombre d'épis

NG : nombre de grains, MMG : masse de 1000 grains, RG : rendement en grains

^{abc} Les mêmes lettres dans les lignes ne sont pas significativement différentes à $P < 0,05$

Tableau 5: Résultats de l'analyse de la variance de l'effet de la dose d'irradiation, de l'année de culture et de l'interaction entre l'année de culture et les doses de rayonnement

Paramètre	Dose d'irradiation KGy (0,10, 0,15, 0,20)	Année de culture	Année de culture * Dose d'irradiation
NGG (Jour 2)	**	NS	NS
NGG (Jour 3)	NS	NS	NS
HT	*	**	NS
LE	NS	NS	NS
NPL/m ²	***	***	***
NE/m ²	***	***	***
NG/épi	NS	NS	NS
MMG	NS	NS	NS
RG	**	NS	NS

NGG : nombre de grains germés, HT : hauteur de la tige, LE : longueur de l'épi, NPL : nombre de pieds levés, NE : nombre d'épis, NG : nombre de grains, MMG : masse de 1000 grains, RG : rendement en grains

, **, * Significatif aux niveaux de probabilité de 0,05, 0,001 et 0,0001 respectivement, NS : non significatif ($P > 0,05$)*

REFERENCES

1. **MCA.** Statistiques du ministère du commerce, 2019. Ministère du commerce. Algérie <https://www.commerce.gov.dz> (Consulté Juillet 2020).
2. **Foyer C H, Decourvieres P and KJ Kunerck** Protection against oxygen radicals: an important defense mechanism studied in transgenic plants. *Plant Cell Environ*, 1994; **17**: 507-523.
3. **Boussaha A** L'irradiation des aliments Perspectives d'application en Algérie. Centre d'études nucléaires et solaire. Commissariat aux énergies nouvelles. 1986. 17p.
4. **Khah MA and RC Verma** Assessment of the effects of gamma radiations on various morphological and agronomic traits of common wheat (*Triticum aestivum* L.) var. WH-147. *Eur. J. Exp. Biol*, 2015; **5(7)**: 6-11.
5. **Ashraf M, Cheema AA, Rashid M and Z Qamar** Effect of gamma rays on M1 generation in Basmati rice. *Pak J Bot*, 2003; **35(5)**:791-795
6. **Heidarieh M, Borzouei A, Rajabifar S, Ziaie F and Shafiei** Effects of gamma irradiation on antioxidant activity of Ergosan. *Iran J Radiat Res*, 2012; **9**: 245-249.
7. **Daskalova N and P Spetsov** Response to selection for winter survival and yield in different populations of synthetic hexaploid wheats (*Triticum dicoccum/Aegilops tauschii*). *J. Agric. Sci. Technol*, 2017; **19**: 1161-1172.
8. **Boufenar-Zaghouane F et O Zaghouane** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC d'Alger, 2006. 1ère Ed, 152p.
9. **FAO /AIEA.** Manual on Mutation Breeding. Second Edition. International Atomic Energy Agency. Austria. Vienna. 1977. 298pp.
10. **Melki M and A Marouani** Effects of gamma rays irradiation on seed germination and growth of hard wheat. *Environ Chem Lett*, 2009; **8 (4)**: 307-310.
11. **Jan S, Parween T, Siddiqi TO and Mahmooduzzafar** Effect of gamma radiation on morphological, biochemical, and physiological aspects of plants and plant products. *Environ. Rev*, 2012; **20**: 17-39.
12. **Kubba AJI** A new semidwarf cultivar "Uruq" developed from irradiated stored seeds of soft wheat cv. "Inia-66". *Ekin J. Crop Breed. Genetic*, 2015; **1-2**: 38-42.
13. **Ahmed S, Khan WM, Khan MS, Akhtar N, Umar N, Ali S, Hussain S and SS Shah** Impact of gamma radiations on wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties (Batoor and Janbaz). *Pure Appl Bio*, 2017; **6**: 218-225.



14. **Abou-Zeid HM and SA Abdel-Latif** Effects of gamma irradiation on biochemical and antioxidant defense system in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Int J Adv Res*, 2014; **2(8)**: 287-300.
15. **Irfaq M and K Nawab** Effect of Gamma Irradiation on Some Morphological Characteristics of Three Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars. *J. Biol. Sci*, 2001; **1(10)**: 935-937.
16. **Din R, Qasim M, Ahmad K and S Jehan** Study of days taken to earing initiation and earing completion in M1 generation of different genotypes irradiated with various doses of gamma radiation. *Asian J. Plant Sci*, 2003; **2(12)**: 894-896.
17. **Grover S and A Sardar** Effect of Ionizing Radiation on Some Characteristics of Seeds of Wheat. *Int J.Sci Technol Res*, 2014; **3**: 32-39.
18. **Javed MA, Khatri A, Khan IA, Ahmad M, Siddiqui MA and AG Arain** Utilization of gamma irradiation for the genetics improvement of oriental mustard (*Brassica juncea* Coss.). *Pak. J. Bot*, 2000; **32**: 77-83.
19. **Rahimi MM and A Bahrani** Influence of Gamma Irradiation on Some Physiological Characteristics and Grain Protein in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *World Appl. Sci. J*, 2011; **15(5)**: 654-659.
20. **Khattak KF, Simpson TJ and Ihsanullah** Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavenging activity of *Nigella sativa* seed. *Food Chem*, 2008; **11(4)**: 967-972