

IMPACT DE L'ACIDE SALICYLIQUE SUR LA GÉRMINATION ET LA CROISSANCE DE DEUX CÉRÉALES BLÉ ET ORGE IRRIGUÉES PAR UNE EAU SALINE NON CONVENTIONNELLE

DAHMANI Ahlem¹, SNOUSSI Sid-Ahmed¹ et ZOUAOUI Ahmed¹

1. Université - Blida 1 – faculté des sciences de la nature de la vie – Département de Biotechnologie et Agro-Écologie – Laboratoire de Biotechnologie des productions végétales. Algérie

Reçu le 25/01/2023, Révisé le 27/05/2023, Accepté le 05/06/2023

Résumé

Description du sujet. L'étude a porté dans un premier temps sur la germination des graines de blé et d'orge (*Hordeum vulgare*), variétés Hiddab et El fouara respectivement, espèces assez résistantes à la salinité, soumises à six traitements salins dont quatre renferment de l'acide salicylique à 0,5 et 0,25 Mmole en comparaison avec un témoin (solution nutritive). En fin de culture des mesures morphologiques et physiologiques ont été mesurés.

Objectifs. Identifier l'impact de l'association de l'acide salicylique à 0,25 et 0,5 Mmole /salinité sur la germination et la croissance des plantes de blé et d'orge.

Méthodes. Cinq boîtes de pétri par traitement tapissées de papier buvard et contenant quinze graines de blé et d'orge chacune, imbibées respectivement par les différents traitements ont été mise dans un phytotron réglé à 27°C. La lecture de la germination se faisait quotidiennement jusqu'à sa durée complète.

Résultats. L'association Acide salicylique /salinité exerce une action significative d'une part sur le taux final de la germination des graines d'orge en comparaison avec les graines de blé ainsi que sur l'amélioration remarquable de l'indice de tolérance à la salinité permettant aux plantes cultivées de mieux résister aux facteurs abiotiques entre autres la salinité.

Conclusion. L'adjonction de l'acide salicylique à 0,5mM à l'eau saline est la plus appropriée dans ce type d'eau saline où la germination finale chez l'orge a été la plus remarquable 98,66% et l'indice de tolérance à la salinité était de 1.26% permettant à l'orge de croître et de se développer sous une contrainte saline.

Mots clés : Salinité, orge, blé, acide salicylique, germination. NaCl, Na₂SO₄.

IMPACT OF SALICYLIC ACID ON THE GERMINATION AND GROWTH OF TWO WHEAT AND BARLEY CEREALS IRRIGATED BY UNCONVENTIONAL SALINE WATER

Abstract

Description of the subject: The study initially focused on the germination of wheat and barley seeds (*Hordeum vulgare*), varieties Hiddab and El fouara respectively, species fairly resistant to salinity, subjected to six saline treatments, four of which contain salicylic acid at 0.5 and 0.25 Mmol in comparison with a control (nutrient solution). At the end of the culture, morphological and physiological measures were measured.

Objective : Identify the impact of the association of salicylic acid at 0.25 and 0.5 Mmole / salinity on the germination and growth of wheat and barley plants.

Methods : Five Petri dishes per treatment lined with blotting paper and containing fifteen wheat and barley seeds each, soaked respectively by the different treatments were placed in a phytotron set at 27°C. The reading of the germination was done daily until its complete duration.

Results : The salicylic acid/salinity association exerts a significant action on the one hand on the final rate of germination of barley seeds in comparison with wheat seeds as well as on the remarkable improvement of the index of tolerance to salinity allowing cultivated plants to better resist abiotic factors including salinity.

Conclusion : The addition of salicylic acid at 0.5 mM to saline water is the most appropriate in this type of saline water where the final germination in barley was the most remarkable 98.66% and the index of salinity tolerance was 1.26% allowing barley to grow and develop under saline stress.

Keywords : salinity, barley, wheat, salicylic acid, germination, NaCl, Na₂SO₄.

* Auteur correspondant: DAHMANI Ahlem, E-mail: Ahlemmani@gmail.com

INTRODUCTION

Les céréales occupent les plus grandes superficies et leur grain constituent la base du système alimentaire algérien, particulièrement ils font partie du paysage agricole et socioculturel de l'Algérie. Le blé et orge constituent les deux cultures stratégiques pour l'Algérie [1]. Le problème principal pour le développement de ces deux cultures dans les régions arides est la salinité, car la majorité des eaux d'irrigation et des sols dans cette région sont chargés en sels, néanmoins l'effet qualitatif et quantitatif des sels selon les différents types de sels [2]. La salinité des sols et des eaux d'irrigation est l'un des principaux facteurs environnementaux limitant la production agricole [3]. La salinisation des terres est un phénomène naturel de dégradation chimique des sols dans la zone d'interface « mer (océan)-Continent ». Elle se traduit par un enrichissement excessif du sol en sels solubles dont les principaux responsables sont : les sels de sodium (Na^+), de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de potassium (K^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-) [4]. Les fortes concentrations de sodium dans les sols salins limitent l'absorption d'eau et l'absorption des nutriments par la plante [5]. Ensemble, le stress salin et le stress hydrique entraînent divers changements physiologiques et moléculaires et entravent la croissance des plantes en inhibant la photosynthèse, réduisant ainsi les ressources disponibles [6]. La forte salinité des sols inhibe la germination en réduisant le potentiel hydrique du sol, qui altère la capacité des graines à absorber l'eau, supprimant ainsi l'imbibition des graines et la croissance des embryons [7].

L'acide salicylique (AS), un composé phénolique naturel, est impliqué dans la croissance des plantes et les processus physiologiques, tels que la germination des graines, fermeture stomatique, absorption ionique, photosynthèse et transpiration [8]. L'acide salicylique pourrait atténuer le stress salin en accélérant la croissance des plantes, en améliorant les processus physiologiques des feuilles et en réduisant les dommages oxydatifs chez les plantes [9].

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'expérimentation réalisée a porté sur l'impact de deux sels (NaCl et Na_2SO_4) contenus dans une saline naturelle associés à deux concentrations d'acide salicylique (0,25 et 0,5 Mm) sur la germination et la croissance de blé et de l'orge face à cette contrainte abiotique. Le but est d'identifier la nuisibilité accrue du type de sel présent dans l'eau saline d'irrigation.

1. Traitements testés

Six traitements salins dont quatre renferment de l'acide salicylique à 0,5 et 0,25 Mmole en comparaison avec un témoin (solution nutritive) tableaux 1 et 2. La solution nutritive est composée également d'une solution complémentaire d'oligoéléments dont il a été procédé au prélèvement de 0,1 ml de la solution A et de 5 ml de la solution B par litre de solution nutritive prête à l'utilisation. Solution A: Molybdate d'ammonium (0,5 g/l)+Acide borique (15 g/l)+Sulfate de manganèse (20g/l)+Sulfate de cuivre (2,5g/l)+Sulfate de Zinc (10g/l). Solution B : Séquestrent de fer (2 g/l).

Tableau 1 : Présentation des différents traitements salins testés

| SELS | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Mg/l | NaCl =502,69 | Na_2SO_4 =610,60 | NaCl =502,69 | NaCl =502,69 | Na_2SO_4 =610,60 | Na_2SO_4 =610,60 |
| | CaCl_2 =474,13 | CaCl_2 =474,13 | CaCl_2 =474,13 | CaCl_2 =474,13 | CaCl_2 = 474,13 | CaCl_2 =474,13 |
| | MgSO_4 =445,3 | MgCl_2 =351,13 | MgSO_4 =445,3 | MgSO_4 =445,36 | MgCl_2 =351,13 | MgCl_2 =351,1 |
| | A.S Mg/l | - | - | 1 /2 Mmol (1,27 ml) | 1 /4 Mmol (0,54 ml) | 1 /2Mmol (1,27 ml) |

Tableau 2 : Composition de la solution nutritive à base d'eau de Blida (T7)

| Composition en meq/l | pH | Concentration engl | NO ₃ | NH ₄ | PO ₄ | Cl | SO ₄ | Na | Ca | Mg | K |
|--------------------------------------|-----|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----|------|-----|------|
| Composition eau de Blida | 7,3 | 0,43 | 0,35 | 0 | 0 | 0,6 | 0,8 | 1,3 | 2,80 | 1,8 | 0 |
| Composition de la solution nutritive | 5,8 | 4,05 | 10,2 | 1,8 | 1,1 | 0,6 | 0,8 | 1,3 | 5,1 | 1,8 | 4,25 |

2. Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé porte sur des graines de blé tendre variété Hiddab, et des graines d'orge variété El-Fouara récoltées en octobre 2021 issues de lignées pures fournis par l'institut technique des grandes cultures au niveau d'El Harrach Alger.

3. Protocole expérimental

Après désinfection à l'hypochlorite de sodium (10%) pendant 10 minutes et rinçage à l'eau distillée, quinze graines de chaque espèce sont mises à germer séparément dans cinq boîtes de Pétri tapissées de papier absorbant et irriguées par les différents traitements et incubées dans une étuve à température contrôlée 27°C pendant une semaine. Le nombre total de graines testées par espèce étant de 15×7×5=525 graines. Les graines germées ont été dénombrées quotidiennement lorsque la radicule (1mm) a percé le tégument. Les semences germées (âgées d'une semaine) sont repiquées dans des pots en plastique de contenance de 3L dont le fond est perforé permettant de faciliter le drainage des eaux en excès. Six répétitions ont été réalisées par traitement soit 42 plants par espèce et 84 plants au total.

4. Paramètres mesurés

4.1. Taux de germination finale (%)

Sur la base du nombre prévu de graines (75 graines par traitement), le nombre des graines germées (N_{gg}) est comptabilisé par traitement, de manière quotidienne jusqu'à la durée complète de germination. Le taux de germination (TG%) est calculé selon la formule suivante : $Taux\ de\ germination\ (TG\%) = (N_{gg} / N_{pg}) \times 100$.

4.2 Phase de croissance des plantes

Après quatorze semaines de culture, quatre paramètres relatifs au développement végétatif ont été mesurés.

- *Hauteur finale (cm)* : La hauteur des tiges a été mesurée avec une règle graduée au moment de la coupe finale à partir de collet jusqu'à l'insertion du tallage au niveau de chaque plant et pour chacun des traitements.

- *Indice de résistance à la salinité (ITS)* : l'indice de tolérance à la salinité est calculé par le rapport entre la biomasse sèche racinaire obtenue au niveau des traitements salins et celle obtenue sur milieu dépourvu de salinité (témoin). $ITS = \text{Biomasse sèche racinaire du traitement salin} / \text{Biomasse sèche du traitement non salin}$

- *Biomasse fraîche aérienne produite* : Le poids frais total est pesé au niveau de chaque plant et pour chacun des traitements au moment de la coupe finale.

- *Biomasse sèche aérienne produite* : Ce paramètre est réalisé après la prise d'un échantillon moyen des parties foliaires, de chaque traitement, puis séchage dans une étuve à 75°C jusqu'à la stabilité du poids sec des échantillons.

5. Analyse des données

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à deux facteurs étudiés. La comparaison des moyennes a été faite avec le test de la plus petite différence significative (ou PPDS) à 5%. Une valeur de Probabilité (p) de 0,05 a été considérée comme statistiquement significative.

RÉSULTATS

1. Taux de germination finale des deux espèces

Le tableau 3 représente le pourcentage de germination finale des graines de blé et d'orge en fonction des sept traitements testés. Statistiquement, l'analyse montre que l'effet traitement n'exerce pas un effet n'apparaît pas sur le paramètre mesuré à savoir le taux de germination. Néanmoins chez le blé le traitement T1 renfermant le NaCl semble présenter le meilleur taux de germination 100% (Tableau 3). En revanche chez l'orge, aucun effet traitement n'est observé. Toutefois la solution du traitement T7 une Aussi il y'a lieu de noter que les traitements contenant la germination chez les deux espèces. Contrairement,

le traitement T5 contenant du Na_2SO_4 additionné à 0,5Mml d'acide salicylique stimule le taux de germination jusqu'à 98,66% et ce comparativement au traitement T2 dépourvu de la phytohormone à savoir l'acide salicylique. Cette constatation montre bien la

nocivité accrue du NaCl par rapport au Na_2SO_4 , ce qui a été également observé au niveau des traitements salins T1 et T2 où le taux de germination varie de 89,33% et 93,33% respectivement.

Tableau 3 : Taux de germination finale

| Plante | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|-------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Blé | 100±00 b,A | 94,66±2,98 ab,A | 95,99±5,96 ab,A | 90,66±3,65 ab,A | 91,99±7,30 ab,A | 94,66±2,98 ab,A | 87,99±8,69 a,A |
| Orge | 89,33±5,96 a,B | 93,33±6,67 a,A | 89,33±7,2 a,B | 87,99±4,5 a,B | 98,66±2,98 a,B | 91,99±5,62 a,B | 100±00 a,B |

Les moyennes suivies par la même lettre minuscule sur la même ligne ne sont pas différentes statistiquement selon le test ANOVA au seuil 5%, les moyennes suivies de la même lettre majuscule en colonne ne sont pas différentes statistiquement selon le test ANOVA au seuil 5%,

2. Hauteur finale des deux espèces en cm :

Le tableau relatif à la hauteur finale des plants d'orge et de blé en fonction des traitements, ne montre aucune action remarquable chez le blé. (Tableau 4). Le traitement T1 contenant le NaCl semble présenter la hauteur la plus faible avec 60,5cm contrairement, le traitement T6 qui représente un traitement halo-hormonal contenant le Na_2SO_4 et 0,25Mml d'acide

salicylique représente la valeur la plus haute de 64,83cm ceci justifie l'efficacité de l'acide salicylique dans l'amélioration de la résistance de la plante au stress salin cette constatation est aussi vérifiée chez l'orge ou le T6 optimise remarquablement le taux de la hauteur finale à 54,65cm et ce comparativement aux plantes alimentées par le traitement T7.

Tableau 4 : Hauteur finale de la tige blé et orge en cm

| Plante | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Blé | 60.5±2.73 a,A | 62.83±2.63 a,A | 61.75±2.62 a,A | 61.33±5.03 a,A | 64.25±3.93 a,A | 64.83±1.47 a,A | 63.08±2.69 a,A |
| Orge | 50.91±6.27 ab,B | 46.33±2.78 ab,B | 45.75±4.00 ab,B | 50.91±5.25 ab,B | 50.88±6.78 ab,B | 54.65±6.51 b,B | 42.00±2.91 a,B |

Les moyennes suivies par la même lettre minuscule sur la même ligne ne sont pas différentes statistiquement selon le test ANOVA au seuil 5%, les moyennes suivies de la même lettre majuscule en colonne ne sont pas différentes statistiquement selon le test ANOVA au seuil 5%,

3. Biomasse fraîche aérienne produite en g

A travers les résultats obtenus, on constate que chez le blé, l'effet traitement ne manifeste aucune action remarquable sur le poids frais de la partie aérienne, à l'exception du milieu T7 constitué par une solution nutritive ou le taux de poids frais présente une biomasse fraîche de 25,3g. (Tableau 5). A travers les résultats obtenus, on constate que chez le blé, l'effet traitement ne manifeste aucune action remarquable sur le poids frais de la partie aérienne, à l'exception du milieu T7 constitué par une solution nutritive ou le taux de poids frais présente une biomasse fraîche de 25,3g. A l'inverse, le milieu T1 enrichi de NaCl représente le paramètre le plus faible d'une valeur de 4,21g.

En revanche, on constate que le milieu contenant du Na_2SO_4 semble présenter la meilleure biomasse de 5,70g. Les résultats relatifs à l'orge sont statistiquement différents par rapport à ceux du blé. On remarque que la biomasse enregistrée dans le milieu T7 est hautement significative par rapport au blé, et qui est de l'ordre de 91,89g. Les valeurs enregistrées dans les milieux enrichis en acide salicylique à 0,25 Mmole quel que soit la nature du sel révèlent un effet phytohormone positif et remarquable au niveau du paramètre mesuré. A travers les différentes observations et mesures, on peut conclure que l'apport de l'acide salicylique à 0,50 Mmole ne présente aucun effet remarquable sur le poids frais de la partie aérienne et cela pour les deux espèces.

Tableau 5 : Biomasse fraîche aérienne produite en g

| Plante | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Blé | 4,21±0,78 a,A | 5,70±1,58 a,A | 3,40±0,50 a,A | 4,57±0,99 a,A | 4,23±0,70 a,A | 4,30±1,35 a,A | 25,3±5,41 b,A |
| Orge | 12,56±1,64 a,B | 12,28±1,46 a,B | 13,90±3,03 a,B | 16,22±2,61 a,B | 13,18±2,30 a,A | 15,25±2,24 a,B | 91,89±6,50 b,B |

Les moyennes suivies par la même lettre minuscule sur la même ligne ne sont pas différentes statistiquement selon le test ANOVA au seuil 5%, les moyennes suivies de la même lettre majuscule en colonne ne sont pas différentes statistiquement selon le test ANOVA au seuil 5%.

4. Biomasse sèche aérienne produite en g

A travers les principaux résultats, on constate que chez le blé en observant les résultats obtenus on constate que chez le blé le milieu T7 manifeste le taux de poids sec le plus élevé à 7,07 ce qui s'oppose avec les résultats du milieu T1 contenant le NaCl ou il a été marqué la valeur la plus dégradée du poids sec à 1,21 contrairement au Na₂SO₄ (T2) qui donne un meilleur poids sec de 1,72 par rapport au T1 (Tableau 6). Dans les milieux qui contiennent

les combinaisons salinité/ acide salicylique le meilleur résultat était de 1,98 obtenu dans le milieu T3 contenant NaCl/0,5Mml d'AS. En revanche chez l'orge le T7 comme chez le blé représente le poids sec le plus élevé de 22,58. Toutefois les milieux contenant 0,25Mml d'acide salicylique en combinaison soit avec le NaCl (T4) ou avec du Na₂SO₄ (T6) représente des valeurs de poids sec plus élevé par rapport aux milieux contenant 0,5Mmole d'AS à des valeurs de 3,93 et 4,12 respectivement.

Tableau 6 : Biomasse sèche aérienne produite en g

| Plante | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Blé | 1,21±0,22 a,A | 1,72±0,45 a,A | 1,98±0,14 a,A | 1,26±0,27 a,A | 1,30±0,19 a,A | 1,23±0,39 a,A | 7,07±1,5 b,A |
| Orge | 3,50±0,45 a,B | 3,24±0,38 a,B | 3,58±0,78 a,A | 3,93±0,63 a,B | 3,42±0,60 a,B | 4,12±0,60 a,B | 22,58±3,38 b,B |

Les moyennes suivies par la même lettre minuscule sur la même ligne ne sont pas différentes statistiquement selon le test ANOVA au seuil 5%, les moyennes suivies de la même lettre majuscule en colonne ne sont pas différentes statistiquement selon le test ANOVA au seuil 5%.

5. Indice de tolérance à la salinité des plantes testées

Les mesures de la biomasse sèche racinaire (BSR) sont faites sur des plantes cultivées sur les milieux salins pendant 98 jours en présence de milieux enrichis de NaCl et Na₂SO₄. La figure 1, montre que la salinité affecte à la baisse la BSR, beaucoup plus sur le blé que sur l'orge (figure 1). Cependant, les deux espèces expriment un BSR important de manière

significative chez le témoin. Le calcul de l'ITS, basé sur la biomasse sèche des racines des plantes du blé et d'orge sur les différents traitements indique que la tolérance a tendance à diminuer chez le blé en présence de l'association salinité/AS quel que soit le traitement en présence ou en absence avec la phytohormone et ce comparativement à l'orge où l'on constate une résistance accrue au NaCl additionné à 0,5Mml d'AS notamment au niveau du traitement T3.

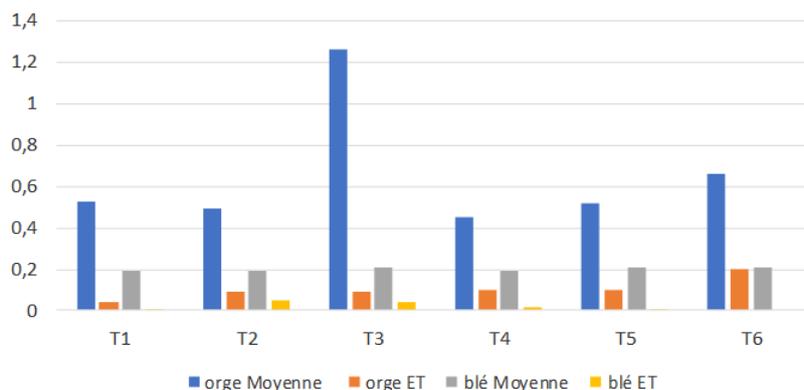


Figure 1 : Indice de tolérance à la salinité des plantes d'orge et blé en fonction des traitements

DISCUSSION

A travers les principaux résultats issus de notre travail de recherche, on constate que le taux de germination final des graines de blé a été fortement augmenté avec l'addition du NaCl au milieu salin testé. Nos résultats sont en concordance avec les travaux de Pouraghdam [10], qui a rapporté que le pourcentage de germination des graines de *Brassica napus* traitées à tous les niveaux de salinité était supérieur à celui des semences non traitées. Ces actions positives sont probablement dues aux effets stimulants des premières étapes du processus de germination par médiation de la division cellulaire dans les graines en germination. Aussi, les travaux de Boukli *et al.* [11], qui ont rapporté que l'imbibition des graines de Pin d'Alep dans la solution de NaCl présente la meilleure performance au niveau de la germination, en raison certainement de l'atténuation de toxicité des sels minéraux à base de sodium et qui sont donc plus sélectifs à la germination de la plante. Néanmoins l'adjonction de l'acide salicylique à ce traitement, quel que soit la concentration testée n'a aucune influence sur le taux de germination. Bien au contraire le paramètre mesuré diminue par rapport au traitement dépourvu de cette phytohormone. Ces résultats sont inverses chez l'orge car on constate que le milieu enrichi en NaCl inhibe la germination des graines par rapport aux autres traitements. Ceci a été observé dans les travaux de Prado *et al.* [12], qui ont rapportés que la germination des semences est réduite sous stress de la salinité d'une manière générale, et que la salinité élevée cause une inhibition de la germination, ceci peut s'expliquer par le mécanisme de toxicité du Na^+ qui n'est pas présent dans certaines espèces. Nos résultats rappellent aussi ceux de Boulghalagh *et al.* [13], qui ont noté sur le Jojoba une réduction du taux et de la vitesse de germination des graines *in vitro* en additionnant du NaCl dans le milieu de culture et que les perturbations observées pourraient être expliquées par une diminution du potentiel osmotique du milieu suite à l'ajout du sel. Toutefois le milieu à base de Na_2SO_4 , s'avère le plus tolérant, et à l'adjonction de l'acide salicylique à 0,5Mml ou l'on constate un accroissement important de la germination finale. Les résultats de l'essai sur le blé montrent que les milieux enrichis en NaCl réduisent légèrement la hauteur finale des plants.

Nos résultats sont similaires à ceux de Benmahiouel *et al.* [14], qui rapportent que la réduction de la croissance de l'appareil végétatif aérien est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique. Tandis que pour l'orge, on constate que le milieu enrichi en NaCl augmente significativement la hauteur finale des plants par rapport au témoin. Nos résultats sont similaires à ceux de Morat [15], qui suggère que les eaux salines n'ont pas d'effet nettement négatif et que l'irrigation avec ces eaux saumâtres pourrait donc être recommandée, pour stabiliser le rendement dans ces régions semi-arides. Cependant on constate que la croissance de la partie aérienne augmente chez les deux espèces et cela en présence du Na_2SO_4 avec l'acide salicylique à 0,25Mml. Nos résultats sont similaires à ceux de H. D. Singh *et al.* [16], qui rapportent que les régulateurs de croissance ont entraîné une division cellulaire rapide et un allongement cellulaire dans les parties en croissance de la plante ou une stimulation de la croissance en plus de l'absorption de nutriments. Les résultats relatifs au poids frais de la partie aérienne indiquent que quel que soit la nature du sel NaCl ou Na_2SO_4 il y'a une régression importante des valeurs de ce paramètre par rapport au témoin et cela pour chacune des espèces. Nos résultats sont comparables à ceux de Samb *et al.* [17], qui révèlent que la présence du sel dans le milieu de culture entraîne une diminution de la production de masse aérienne fraîche. Plus la concentration est importante, plus la quantité masses produite est faible. L'adjonction de l'acide salicylique à 0,5Mml améliore de façon remarquable le poids frais de la partie aérienne des deux espèces. Cela témoigne sur l'efficacité de l'AS à résister au stress salin. En revanche, on constate que les valeurs de poids frais enregistrées chez l'orge sont significativement élevées que celles enregistrées chez le blé et cela est due à la nature halophyte de l'espèce. Des résultats similaires sont observés au niveau du poids sec des deux espèces ou les traitements salins ont engendré une diminution importante du poids sec de la partie aérienne. Nos résultats s'accordent avec ceux de Bouchoukh [18], qui ont observé que la salinité induite chez *Atriplex nummulari* a provoqué une régression beaucoup plus marquée du poids sec des organes photosynthétiques.

En présence du degré de la combinaison NaCl/acide salicylique à 0.5Mml chez l'orge au niveau des plantes issues du traitement (T3), qui permet l'expression de la plus grande variabilité, les valeurs ITS vont nous aider à classer les plantes d'orge et de blé au niveau des milieux testés du plus tolérant au plus sensible, ce qui va permettre de prévoir et d'identifier le type de sel ainsi que la concentration d'acide salicylique les plus appropriés pour des milieux extrêmes. La réduction de la biomasse au niveau des espèces testées (blé et orge) dans des conditions salines est un indicateur majeur de la limitation de la croissance. La salinité a eu des effets néfastes non seulement sur la biomasse sèche racinaire, mais aussi sur les autres paramètres mesurés. De nombreux travaux rapportent que cette réduction du poids de la biomasse végétale et de la croissance est observée sur le riz [19], la tomate [20] et le blé dur [21].

CONCLUSION

L'objectif de notre travail était l'étude de l'effet du chlorure de sodium (NaCl) et du sulfate de sodium (Na_2SO_4) sur la germination des graines et la croissance de deux espèces céréalières à savoir blé et orge. Les résultats obtenus ont montré une grande variation de comportement au niveau des deux espèces en fonction des différents traitements appliqués. En effet au stade germinatif, nous avons noté que le taux de germination final chez le blé a été optimisé à 100% en présence du NaCl, alors que chez l'orge le milieu riche en Na_2SO_4 a optimisé la germination des graines à 93,33%. Il est prouvé que dans la plupart des cultures de plein champ comme les céréales l'osmopriming conduit à une amélioration de la germination. Pour ce qui est du paramètre morphologique, nous avons constaté que la hauteur finale chez le blé a été touché par la présence du sel et ce quel que soit sa nature, L'effet du sel semble atténuer plus la croissance et le développement des plantules que la germination au sens strict, et l'appareil végétatif est le plus touché par le stress. Ces stress se traduisent par des changements morphologiques, qui affectent négativement la croissance de la plante. L'adjonction de l'acide salicylique à 0,25% dans le milieu salin contenant le Na_2SO_4 (T6) a exercé un effet favorable sur la hauteur finale des plants beaucoup plus chez le blé que chez l'orge.

On peut conclure donc que l'adjonction exogène de cette phytohormone dans les milieux salins est impliquée dans la réponse des plantes au stress salin et de contrer les effets néfastes du stress. En revanche chez le blé le milieu enrichi en Na_2SO_4 semble favoriser beaucoup plus le poids frais que le NaCl. De ce constat, on peut conclure que l'agressivité du NaCl est plus importante que le Na_2SO_4 .

ÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Tahraoui, S., (2016)** Effet des sels solubles sur la production de la biomasse et l'absorption des éléments minéraux chez l'orge (*Hordium vulgare*) et le blé dur (*Triticum durum*).
- [2]. **Xu YG, Zhao YQ, Duan HM, Sui N, Yuan F, Song J. (2017)**. Transcriptomic profiling of genes in matured dimorphic seeds of euhalophyte *Suaeda salsa*. *BMC Genomics.*;18 (1):727–741. doi:10.1186/s12864-017-4104-9.
- [3]. **Egamberdieva, D., Wirth, S., Bellingrath-Kimura, S.D., Mishra, J., Arora, N.K., (2019)**. Salt tolerant plant growth promoting rhizobacteria for enhancing crop productivity of saline soils. *Front. Microbiol.* 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02791>. Faghih, S., Ghobadi, C., Zarei, A., 2017. Response of strawberry plant cv 'Camarosa' to salicylic acid and methyl jasmonate application under salt stress condition. *J. Plant Growth Regul.* 36,651–659. <https://doi.org/10.1007/s00344-017-9666-x>.
- [4]. **Matty F. et M. Diatta, (2018)**, Le phénomène de salinisation : impacts sur les sols et la végétation, pp. 1-5, dans : Faye E., A. Tamba et M. Diatta (eds), Actes du séminaire national "Lutte contre la salinisation et valorisation des terres salées au Sénégal : état des connaissances et perspectives", Dakar, Sénégal, 244 p.
- [5]. **Gong, Z. (2021)** Plant abiotic stress: New insights into the factors that activate and modulate plant responses. *J. Integr. Plant Biol.* , 63, 429–430. [CrossRef] [PubMed].
- [6]. **Van Zelm, E.; Zhang, Y.; Testerink, C. (2020)**, Salt Tolerance Mechanisms of Plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 71, 403–433. [CrossRef] [PubMed].
- [7]. **Zhang T, Song J, Fan J, Feng G (2015)**. Effects of saline-waterlogging and dryness/moist alternations on seed germination of halophyte and xerophyte. *Plant Spec Biol.*30:231–236. doi:10.1111/1442-1984.12056.
- [8]. **Jayakannan, M., Bose, J., Babourina, O., Rengel, Z., Shabala, S., (2015)**. Salicylic acid in plant salinity stress signalling and tolerance. *Plant Growth Regul.* 76,25–40. <https://doi.org/10.1007/s10725-015-0028-z>.
- [9]. **Bastam, N., Baninasab, B., Ghobadi, C., (2013)**. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. *Plant Growth Regul.* 69,275–284. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9770-7>. Chen, S., Wang, S., 2019. GLABRA2, a common regulator for epidermal cell fate.

- [10]. **Mohamed Hassan Pouraghdam (2009)**. The effect of osmo-priming on germination and seedling growth of *Brassica napus* L. under salinity conditions in *Journal of Food Agriculture and Environment*. University of Maragheh.
- [11]. **Boukli Hacene Hicham, Snoussi Sid-Ahmed, Abbad Mohamed, (2021)** Effet de l'osmopriming sur la stimulation de la germination des graines de pin d'alep (*PINUS HALEPENSIS* MILL) après incendie, *Agrobiologia*, Université de Blida1. Faculté des Sciences de la Nature et de la vie. Département de Biotechnologies. Laboratoire en Biotechnologie des Productions Végétales.
- [12]. **Prado F.E., C. Boero, M. Gallardo and J.A Gonzalez, (2000)**, Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41, pp. 27-34.
- [13]. **Boulaghagh J., Berrichi A., EL Halouani H., Kouddane NE., (2008)**. Impact de la salinité sur la germination et la croissance in vitro du jojoba (*Simmondsia chinensis* link schneider). *Cahiers UAE*, (2-3), 25-30.
- [14] **Benmahioul, B., F. Daguin et M. Kaid-Harche, (2009)**, Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.). *Compte rendu. Science directe. Agronomie/Agronomy. C. R. Biologies* 332, pp. 752-758.
- [15]. **Philippe Morat, (2008)**. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains chez quelques écotypes de mil (*Pennisetum glaucum*(L.) R. Br.) autochtones de Tunisie Salinity effect on germination, growth, and grain production of some autochthonous pear millet ecotypes (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), Elsevier, Pages 278-286.
- [16]. **H. D Singh, Sutanu, M., & Sanjay, K. (2014)**. Influence of plant bio-regulators on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). *International Journal of Agricultural Sciences*, 10(2), 546-549.
- [17]. **Cheikh Oumar Samb, Dethie Wade, Elhadji Faye et Mouhamadou Moustapha Diaw., (2020)** Effet du stress salin sur la croissance de quatre provenances d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) en milieu semi-contrôlé, <https://doi.org/10.4000/vertigo.2846>.
- [18]. **Bouchoukh I., (2010)**. Comportement écophysologique de deux chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Mémoire de magistère en biologie végétale, Université Mentouri-Constantine. P112+ annexes.
- [19]. **K.H. Dhanyalakshmi , C. Vijayalakshmi (2013)**, Evaluation of physiological and biochemical responses of rice (*Oryza sativa* L.) Varieties to April 2013 *Indian Journal of Agricultural Research* 47(2):91-99
- [20]. **V. D.Taffouo (2013)** Effects of salinity stress on seedlings growth, mineral nutrients and total chlorophyll of some tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars September University of Douala *African Journal of Biotechnology* 9 (33):5366-5372
- [21]. **Donia Bouthour¹, Tawba Kalai², Haouari C Chaffei², Houda Gouia², Francisco J Corpas (2015)** Differential response of NADP-dehydrogenases and carbon metabolism in leaves and roots of two durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars (Karim and Azizi) with different sensitivities to salt stress *J Plant Physiol* 1;179:56-63.