



المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
1906
Ecole Nationale Supérieure Agronomique

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère De L'Enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر

Ecole Nationale Supérieure Agronomique – El Harrach – Alger

Département : Productions végétales
Spécialité : Ressources génétiques et amélioration
Des productions végétales

القسم : إنتاج نباتي
التخصص : موارد وراثية و تحسين
الإنتاج النباتي

Mémoire De Fin D'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

THÈME

Étude de l'effet des extraits d'algues marines pour améliorer la résilience du haricot vert (*Phaseolus vulgaris* L.) aux stress abiotiques

Réalisé par : IHADADENE Selma
ABDI Nesrine

Soutenu le : 02-07-2024

Devant le jury composé de :

Mémoire dirigé par
Président
Examineur
Examineur

Mme BELOUHRANI Amel-Souhila. MCA, ENSA
M. KADRI Adel. MCA, ENSA
Mme MOUSSAOUI Sawsen MAA, ENSA
M. DEROUICHE Nadjib Directeur de recherche CDER

Promotion : 2019/2024

TABLES DES MATIERES :

INTRODUCTION :	1
Partie I : Synthèse bibliographique	
CHAPITRE 01 : Haricot vert (<i>Phaseolus vulgaris .L</i>)	4
1 Présentation de l'espèce :	4
1.1 Historique et origine :	4
1.2 Classification du haricot vert :	4
2 Description de la plante :	5
2.1 Partie racinaire :	5
2.1.1 Racines :	5
2.2 Partie aérienne :	6
2.2.1 Tige :	6
2.2.2 Feuillage :	6
2.2.3 Inflorescences :	6
2.2.4 Les gousses :	7
2.2.5 Les graines :	7
3 Cycle de développement de la plante :	7
3.1 Germination et levée :	8
3.2 Phase de croissance végétative :	8
3.3 Phase de floraison :	8
3.4 Phase de maturation :	8
4 Classification culturelle :	9
4.1 Haricots Nain :	9
4.2 Haricots à rame :	9
5 Intérêts et importance de haricot :	10
5.1 Intérêt agro-écologique :	10
5.2 Intérêt nutritionnel :	10
6 Situation de la culture du haricot à l'échelle mondiale et en Algérie :	12
6.1 Dans le monde :	12
6.2 En Algérie :	12
7 Exigences de la culture :	13
7.1 Exigences climatiques :	13
7.1.1 Température :	13

7.1.2	Humidité :	13
7.1.3	Besoin en eau :	13
7.1.4	Lumière :	14
7.2	Exigences édaphiques :	14
8	Contrainte liée à la culture de haricot :	14
8.1	Facteurs biotiques :	14
8.1.1	Maladies fongiques :	15
8.1.2	Maladies bactériennes :	17
8.1.3	Maladies virales :	17
8.1.4	Les ravageurs :	18
8.2	Facteurs abiotiques :	20
CHAPITRE 02 : Algues marines.		21
1	Généralités sur les algues marines :	21
2	La classification des algues :	22
3	Généralités sur l'Algue marine <i>Ulva lactuca</i> :	25
3.1	Taxonomie, morphologie et reproduction :	25
3.2	Répartition d' <i>Ulva</i> sur la Côte Méditerranéenne	26
3.3	Mode de croissance d' <i>Ulva lactuca</i> :	27
3.4	Caractéristiques chimiques d' <i>Ulva lactuca</i> :	28
4	Historique de l'utilisation des algues comme engrais	29
5	Effets des algues marines sur les plantes :	30
5.1	Effet des algues marines sur la croissance des plantes :	30
5.2	Effet des algues marines sur les stress abiotiques :	32
5.3	Effet sur la fertilité du sol :	34
6	Autres domaines d'application des algues marines :	35
6.1	Dans la Nutrition humaine :	35
6.2	Dans le domaine de Biocarburant :	36
6.3	Dans le domaine environnement et l'industrie :	36
6.4	Dans le domaine médical :	37
CHAPITRE 03 : Stress Abiotiques		38
1	Définition du stress :	38
1.1	Définition de stress abiotiques :	38
1.2	Type de stress abiotiques :	38

1.2.1	Stress hydrique :	38
1.2.2	Stress salin :	38
1.2.3	Stress thermique :	39
2	Stress hydrique :	39
2.1	Généralité sur le stress hydrique :	39
2.2	Type de stress hydrique :	39
2.3	Le stress hydrique de point de vue de la plante :	40
2.4	L'eau dans la plante :	41
2.5	Le stress hydrique dans le monde :	41
2.6	Effet du stress hydrique sur les plantes :	43
2.6.1	Effet du stress hydrique sur les paramètres morphologiques de la plante :	43
2.6.1.1	Effet du stress hydrique sur la germination :	43
2.6.1.2	Effet du stress hydrique sur la croissance de la partie aérienne :	43
2.6.1.3	Effet du stress hydrique sur la croissance de la partie racinaire :	44
2.6.1.4	Effet du stress hydrique sur la nodulation :	45
2.6.1.5	Effet du stress hydrique sur la surface foliaire :	45
2.6.2	Effet du stress hydrique sur les paramètres physiologiques de la plante :	46
2.6.2.1	Effet du stress hydrique sur la photosynthèse :	46
2.6.2.2	Effet du stress hydrique sur la conductance stomatique :	47
2.6.2.3	Effet du stress hydrique sur la teneur relative en eau des feuilles :	48
2.6.2.4	Effet du stress hydrique sur l'absorption des éléments nutritifs :	49
2.6.2.5	Effet du stress hydrique sur la fixation biologique de l'Azote :	49
2.6.2.6	Effet du stress hydrique sur le rendement :	50
2.6.3	Effet du stress hydrique sur les paramètres biochimiques de la plante.....	51
2.6.3.1	Effet du stress hydrique sur les espèces réactives de l'oxygène :	51
2.6.3.2	Effet du stress hydrique sur l'ajustement osmotique :	52
2.7	Les stratégies d'adaptation au stress hydrique :	52
2.7.1	L'esquive/échappement :	53
2.7.2	L'évitement :	54
2.7.3	La tolérance :	54
3	Stress salin :	55
3.1	Définition de la salinité :	55
3.2	Notion de salinisation :	57

3.3	L'origine de salinité :	58
3.3.1	Salinisation primaire :	58
3.3.2	Salinisation secondaire :	58
3.4	La salinité dans le monde et en Algérie :	58
3.4.1	Dans le monde :	58
3.4.2	En Algérie :	59
3.5	Définition du Stress salin :	60
3.6	Effet du stress salin sur les plantes :	61
3.6.1	Effet du stress salin sur la morphologie de la plante :	61
3.6.2	Effet du stress salin sur la physiologie de la plante :	61
3.6.2.1	Effet du stress salin sur la photosynthèse :	61
3.6.2.2	Effet du stress salin sur le bilan hydrique :	62
3.6.2.3	Effet du stress salin sur le métabolisme nutritionnel	62
3.6.3	Effet du stress salin sur la phénologie de la plante :	63
3.6.3.1	Effet du stress salin sur la germination :	63
3.6.3.2	Effet du stress salin sur la croissance et développement :	63
3.6.3.3	Effet du stress salin sur la nodulation :	64
3.7	Mécanisme de tolérance au stress salin :	64
3.7.1	Séquestration du Sodium :	64
3.7.2	Prélèvement de K ⁺ :	65
3.7.3	Biosynthèse des Osmoprotecteurs et Ajustement Osmotique :	65
3.7.4	Induction des Phytohormones :	65

Partie II : Matériel et méthodes

1	Présentation du site d'étude :	68
1.1	Localisation géographique du site expérimental :	68
1.2	Site expérimental :	68
1.3	Conditions climatiques	69
1.3.1	Le climat :	69
1.3.2	La température :	69
2	Protocole expérimental :	70
2.1	Matériel végétal utilisé :	70
2.2	Les algues marines :	70
2.2.1	La collecte d'algues marines :	70
	Latitude (X) : 36°44' 24.733" N	70

2.2.2	Identification des algues marines :.....	71
3	Conduite de l'essai :	71
3.1	Préparation des pots :	71
3.2	Préparation de la poudre :.....	71
3.3	Préparation de l'extrait d'algues :	72
3.4	Préparation des graines :	73
3.5	La mise en culture :	74
3.6	Dispositif expérimental :	74
3.7	Entretien de la culture :	76
3.8	Application des stress :.....	77
3.8.1	Application de stress hydrique :.....	77
3.8.2	Application de stress salin :	79
4	Paramètres étudiés :.....	81
4.1	Paramètres morphologiques :.....	81
4.1.1	La hauteur de la plante :.....	81
4.1.2	Longueur des racines (cm) :.....	81
4.1.3	Surface foliaire :.....	82
4.1.4	Poids frais de la partie aérienne (PF) :.....	83
4.1.5	Poids sec de la partie aérienne (PS) :.....	83
4.1.6	Poids frais de la partie racinaire (PFR) :.....	83
4.1.7	Poids sec de la partie racinaire (PSR) :.....	83
4.2	Paramètres physiologiques :.....	83
4.2.1	Teneur relative en eau (TRE) :.....	83
4.2.2	Dosage des pigments chlorophylliens :.....	84
4.2.3	Intégrité cellulaire (IC):	84
4.3	Paramètres biochimiques :	85
4.3.1	La teneur en proline : (TPr) :	85
4.3.2	Dosage des sucres solubles :.....	86
4.4	Paramètres édaphiques :.....	87
4.4.1	Teneur en azote total du sol :.....	87
4.4.2	Teneur en Phosphore :	88
5	Analyse statistique :.....	89

Partie III : Résultats et discussions

CHAPITRE 01 : Effet des extraits d'algues sur les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques du haricot, et les paramètres édaphiques du sol sous stress hydrique :	91
1 Analyse des paramètres morphologiques :	91
1.1 Effet d'extrait d'algues marines sur la hauteur de la tige sous stress hydrique :	91
1.2 Effet d'extrait d'algues marines sur la longueur racinaire sous stress hydrique :	93
1.3 Effet d'extrait d'algues marines sur la surface foliaire sous stress hydrique :	95
1.4 Effet d'extrait d'algues marines sur le poids frais de la partie aérienne sous stress hydrique :	97
1.5 Effet d'extrait d'algues marines sur le poids sec de la partie aérienne sous stress hydrique :	99
1.6 Effet d'extrait d'algues marines sur le poids frais la partie racinaire sous stress hydrique :	101
1.7 Effet d'extrait d'algues marines sur le poids sec de la partie racinaire sous stress hydrique :	103
2 Analyse des paramètres physiologiques :	106
2.1 Effet d'extrait d'algues marines sur la teneur en eau (TRE) sous stress hydrique :	106
2.2 Effet d'extrait d'algues marines sur la teneur en pigments chlorophylliens sous stress hydrique :	108
2.3 Effet d'extrait d'algues marines sur la l'intégrité cellulaire sous stress hydrique ...	111
3 Analyses des paramètres biochimiques :	115
3.1 Effet d'extrait d'algues marines sur la teneur en proline sous stress hydrique	115
3.2 Effet d'extrait d'algues marines sur la teneur en sucres solubles (TSs) sous stress hydrique :	117
4 Analyses des paramètres édaphiques :	120
4.1 Effet d'extrait d'algues marines sur la teneur en azote total du sol (N%) sous stress hydrique :	120
4.2 Effet d'extrait d'algues marines sur la teneur en phosphore du sol (P) sous stress hydrique :	122
4.3 Effet d'extrait d'algues marines sur la teneur en carbone sous stress hydrique :	124
5 Analyses multi variées :	126
5.1 Analyse en composante principale (ACP) :	126
5.2 Analyse hiérarchique ascendante AHC :	132
CHAPITRE 2 : Effet des extraits d'algues sur les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques du haricot sous stress salin :	134
1 Analyse des paramètres morphologiques :	134
1.1 Effet des extraits d'algues marines sur la hauteur de la tige sous stress salin :	134

1.2	Effet des extraits d'algues marines sur la longueur racinaire sous stress salin :	136
1.3	Effet des extraits d'algues marines sur la surface foliaire sous stress salin :.....	138
1.4	Effet des extraits d'algues sur le poids frais de la partie aérienne sous stress salin	140
1.5	Effet des extraits d'algues Marines sur le poids sec de la partie aérienne sous stress salin	142
1.6	Effet des extraits d'algues marines sur le poids frais la partie racinaire sous stress salin.....	144
1.7	Effet des extraits d'algues marines sur le poids sec la partie racinaire sous stress salin	146
2	Analyse des paramètres physiologiques :.....	149
2.1	Effet des extraits d'algues marines sur la l'intégrité cellulaire sous stress salin :....	149
2.2	Effet des extraits d'algues marines sur les pigments chlorophylliens sous stress salin	150
2.3	Effet des extraits d'algues marines sur la teneur en eau (TRE) sous stress salin ...	152
3	Analyse des paramètres biochimiques :.....	156
3.1	Effet des extraits d'algues marines sur la teneur en proline (TPr) sous stress hydriques :	156
3.2	Effet des extraits d'algues marines sur la teneur en sucres solubles (TSs) sous stress salin	158
4	Analyses des paramètres édaphiques :.....	161
4.1	Effet des extraits d'algues marines sur l'azote total du sol (Nsol%) sous stress salin	161
4.2	Effet des extraits d'algues marines sur la teneur en phosphore assimilable sous stress salin	163
4.3	Effet des extraits d'algues marines sur la teneur en carbone du sol sous stress salin	164
5	Analyse multi variées :	167
5.1	Analyse en composante principale :.....	167
5.2	Analyse hiérarchique ascendante AHC :.....	173
	Conclusion générale	176

Résumé :

Au cours des dix dernières années, le changement climatique a réduit les rendements agricoles et a augmenté les stress abiotiques. Le développement d'une stratégie de la résilience de ces stress est l'une des solutions afin de promouvoir une culture durable.

Dans cette recherche, nous avons étudié l'effet de l'amorçage des graines du haricot vert avec différentes concentrations d'extraits d'algues marines *Ulva lactuca* dans le but de réduire les effets néfastes de ces deux stress abiotiques sur les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques, ainsi que sur les caractéristiques chimiques du sol. Pour cela, deux essais en pots ont été réalisés en bloc aléatoires complets avec trois blocs et deux répétitions. Le premier essai comprend deux niveaux de stress hydrique (H0 non stressé, H1 = stressé) et quatre concentrations d'extrait d'algues marines (A0=0%, A1=5%, A2=10% et A3=15%). Le deuxième essai comprend trois concentrations de NaCl (S0=0 g/l, S1=1.404 g/l, S2=2.208 g/l) et les mêmes concentrations d'extrait d'algues marines que celles appliquées au stress hydrique. Les résultats obtenus ont montré que le stress hydrique réduit la hauteur de la tige, la surface foliaire, et les poids sec et frais des parties aériennes et racinaires des haricots. Il a augmenté aussi les niveaux de proline et de sucres solubles, essentiels pour la résilience des plantes. Le stress salin a diminué la longueur des racines et les poids frais et secs des parties aériennes et racinaires, avec une augmentation enregistrée des sucres solubles. Nos résultats ont montré que les extraits d'algues ont un effet positif sous stress hydrique, augmentant la biomasse racinaire, les pigments chlorophylliens, et les sucres solubles. Sous stress salin, ils favorisent la longueur racinaire, les pigments chlorophylliens et la stabilité membranaire. Selon notre étude statistiques, l'ACP a fait ressortir que les plants avec les concentrations A1 (5%) et A3 (15%) ont résisté au stress hydrique, par contre les plantes sous stress salin, ont une résilience avec la concentration A1 (5%). Des résultats de notre étude, il en ressort que les algues sont une solution prometteuse pour une agriculture durable.

Mots clés : Stress hydrique, stress salin, trempage, résilience, haricot vert, extraits algues.

Abstract:

Over the past ten years, climate change has reduced agricultural yields and increased abiotic stresses. Developing a strategy to enhance resilience against these stresses is one of the solutions to promote sustainable agriculture.

In this research, we studied the effect of priming green bean seeds with different concentrations of seaweed extracts from *Ulva lactuca* to mitigate the adverse effects of these two abiotic stresses on morphological, physiological, and biochemical parameters, as well as on the chemical characteristics of the soil. For this, two field experiments were conducted in a completely randomized block design with three blocks and two repetitions. The first experiment included two modalities of water stress (H0 = non-stressed, H1 = stressed) and four concentrations of seaweed extract (A0 = 0%, A1 = 5%, A2 = 10%, and A3 = 15%). The second experiment included three concentrations of NaCl (S0 = 0 g/l, S1 = 1.404 g/l, S2 = 2.208 g/l) and the same concentrations of seaweed extract as those applied to water stress. The results showed that water stress reduced stem height, leaf area, and fresh and dry weights of the aerial and root parts of the beans. It also increased levels of proline and soluble sugars, which are essential for plant resilience. Salt stress decreased root length and the fresh and dry weights of

the aerial and root parts, with an increase in soluble sugars. Our results showed that seaweed extracts had a positive effect under water stress, increasing root biomass, chlorophyll pigments, and soluble sugars. Under salt stress, they promoted root length, chlorophyll pigments, and membrane stability. According to our statistical study, the ACP highlighted those plants with concentrations A1 (5%) and A3 (15%) resisted water stress, while plants under salt stress showed resilience with concentration A1 (5%). From our study, it appears that seaweeds are a promising solution for sustainable agriculture.

Keywords: Water stress, salt stress, priming, resilience, green bean, seaweed extracts.

ملخص:

على مدار السنوات العشر الماضية، أدى تغير المناخ إلى تقليل المحاصيل الزراعية وزيادة الضغوط الغير الحيوية. لذلك، يُعد تطوير استراتيجية لتعزيز المرونة ضد هذه الضغوط أحد الحلول لتعزيز الزراعة المستدامة. في هذا البحث، قمنا بدراسة تأثير تحضير بذور الفاصوليا الخضراء بتركيزات مختلفة من مستخلصات الطحالب البحرية بهدف تقليل التأثيرات الضارة لهذين الضغوطين غير الحيويين على المعايير المورفولوجية والفسولوجية والكيميائية الحيوية، وكذلك على الخصائص الكيميائية للتربة. لتحقيق ذلك، أُجريت تجربتان ميدانيتان في أصناف باستخدام مخطط الكتلة العشوائية الكاملة وأربعة (مجهد = H1 غير مجهد، H0 =) مع ثلاث تكرارات. التجربة الأولى تشمل مستويين من الإجهاد المائي التجربة الثانية تشمل (A0 = 0%، A1 = 5%، A2 = 10%، A3 = 15%) تركيزات من مستخلص الطحالب البحرية ونفس تركيزات مستخلص (غ/ل S2 = 2.208، غ/ل S1 = 1.404، NaCl (S0 = 0 ثلاث تركيزات من الطحالب البحرية التي تم تطبيقها على الإجهاد المائي. أظهرت النتائج أن الإجهاد المائي يقلل من ارتفاع الساق، مساحة الأوراق، والأوزان الجافة والرطوبة للأجزاء الهوائية والجذرية للفاصوليا. كما زاد من مستويات البرولين والسكريات الذائبة، الضرورية لمرونة النباتات. قلل الإجهاد الملحي من طول الجذور والأوزان الرطبة والجافة للأجزاء الهوائية والجذرية، مع زيادة مسجلة في السكريات الذائبة. أظهرت نتائجنا أن مستخلصات الطحالب لها تأثير إيجابي تحت الإجهاد المائي، حيث تزيد من الكتلة الحيوية للجذور، والأصباغ الكلوروفيلية، والسكريات الذائبة. تحت الإجهاد الملحي، تعزز طول الجذور، والأصباغ الكلوروفيلية واستقرار الأغشية. وفقًا لدراستنا الإحصائية، أظهرت تحليل المكونات الرئيسية كانت مقاومة للإجهاد المائي، بينما أظهرت النباتات تحت (A3 (15% و A1 (5% أن النباتات ذات التركيزات (PCA) من نتائج دراستنا، يبدو أن الطحالب حلاً واعدًا للزراعة المستدامة. (A1 (5% الإجهاد الملحي مرونة مع التركيز

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي، الإجهاد الملحي، النقع، المرونة، الفاصوليا الخضراء، مستخلصات الطحالب البحرية