

UNIVERSITÉ DES SCIENCES AGRONOMIQUES ET DE MÉDECINE VÉTÉRINAIRE DE BUCAREST



ÉCOLE DOCTORALE DE L'INGÉNIERIE ET
DU MANAGEMENT DES RESSOURCES VÉGÉTALES ET ANIMALES

Domaine: Horticulture



THÈSE DE DOCTORAT

**ÉTUDE SUR L'INFLUENCE DE CERTAINS FACTEURS SUR LA
CROISSANCE ET LE DÉVELOPPEMENT DE CERTAINES ESPÈCES
LÉGUMIÈRES CULTIVÉES DANS LE SYSTÈME NUTRIENT FILM
TECHNIQUE**

Doctorant: *eng.* CHAN Sovorn

**Coordinateur scientifique:
Prof. Univ. Dr. Habil. DRĂGHICI Elena Maria**

**Bucarest
2024**

RÉSUMÉ

de la thèse de doctorat intitulée:

ÉTUDE SUR L'INFLUENCE DE DIVERS FACTEURS SUR LA CROISSANCE ET LE DÉVELOPPEMENT DE CERTAINES ESPÈCES DE LÉGUMES DANS UN SYSTÈME À TECHNIQUE DU FILM NUTRITIF.

PhD-student: **CHAN Sovorn**

Scientific coordinator: **Prof. Univ. Dr. Habil. DRĂGHICI Elena Maria**

Mots-clés: laitue, brassica, amarante, système NFT

Cette thèse de doctorat, intitulée « Étude sur l'influence de divers facteurs sur la croissance et le développement de certaines espèces de légumes dans un système à technique du film nutritif », présente des résultats scientifiques significatifs obtenus grâce à la recherche menée à la Faculté d'Horticulture de l'USAMV, Bucarest, Roumanie. Plusieurs études issues de cette recherche ont été publiées dans des revues scientifiques et sont accessibles en ligne à travers différents volumes de conférences internationales.

La thèse aborde un sujet innovant majeur lié aux facteurs technologiques de culture dans le système NFT, en se concentrant sur les espèces de légumes à feuilles comme la laitue, les Brassicacées, et l'amarante. Ces espèces sont considérées comme des cultures cruciales en raison de leur valeur nutritionnelle, leur consommation, et des aspects économiques pour les parties prenantes concernées dans leur chaîne d'approvisionnement.

Récemment, la culture des légumes dans une structure protégée avec un système hydroponique NFT est devenue un scénario attrayant et est priorisée par de nombreux agriculteurs et chercheurs. Cette tendance s'explique par les nombreux avantages et commodités offerts par le système, notamment les économies de main-d'œuvre, l'efficacité nutritionnelle, le respect de l'environnement, la réduction du risque d'incidents parasitaires, la haute productivité, les taux de croissance rapides et la capacité d'approvisionnement tout au long de l'année. Les objectifs de la thèse étaient d'évaluer divers facteurs, y compris l'influence des engrais sur les semis de laitue, les conditions de culture optimales pour les espèces de laitue dans le système NFT, ainsi que la production des espèces de Brassicacées et d'amarante en utilisant le système NFT. Ces objectifs visaient à approfondir notre compréhension, améliorer et diffuser les technologies de culture associées à ces cultures.

La thèse se compose d'un résumé, d'une introduction, de sept chapitres, d'une bibliographie, d'annexes, et d'une liste des articles publiés par l'auteur. Le document compte 181 pages, comprenant des tableaux, des figures, 144 références issues de diverses sources internationales et 6 annexes.

Cette thèse comporte deux parties: la partie I (étude bibliographique: un chapitre) et la partie II (recherche personnelle : six chapitres).

Dans le chapitre I, l'origine et le contexte historique de l'espèce sont abordés, incluant des descriptions détaillées du genre, de la famille et de la classification systématique. Ce chapitre couvre également les caractéristiques morphologiques, les techniques de culture, ainsi que l'importance et la production de l'espèce.

Lactuca sativa L., communément appelée laitue, appartient à la famille des Asteraceae et est classifiée dans l'ordre des Asterales. On estime qu'elle est originaire d'Égypte, datant d'environ 2500 av. J.-C. La laitue est largement utilisée comme légume, notamment en raison de ses bienfaits phytochimiques pour la santé humaine. La culture de cette espèce nécessite des conditions environnementales spécifiques: une plage de température de 17 à 28 °C pendant le jour et de 3 à 12 °C la nuit, une intensité lumineuse de 350 à 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$;

une humidité relative comprise entre 50 et 70 %, un pH de 5,6 à 6,2, et une conductivité électrique entre 0,8 et 2,0 mS/cm."

Les espèces de *Brassica*, comme les feuilles de moutarde (*Brassica juncea* L.), le choy sum (*Brassica rapa* L.) et le chou chinois (*Brassica oleracea* L.), appartiennent à la famille des Brassicaceae, anciennement connue sous le nom de *Cruciferae*, dans l'ordre des Brassicales. Cette famille a une histoire évolutive significative, avec des ancêtres sauvages datant d'il y a 24 millions d'années en Afrique et dans la péninsule arabique. Ces cultures ont été utilisées comme légumes, épices et en pharmacopée en raison de leur riche contenu en vitamines, minéraux, composés volatils, fibres alimentaires et autres éléments bénéfiques. Les conditions optimales pour leur culture comprennent une plage de température de 16 à 28 °C, une intensité lumineuse de 400 à 600 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, un pH allant de 5,8 à 7,0, et une conductivité électrique (CE) de 1,2 à 2,4 mS/cm pour la moutarde et le choy sum, et de 1,8 à 3,0 mS/cm pour le chou chinois.

Amaranth viridis L. appartient à la famille des Amaranthaceae, dans l'ordre des Caryophyllales. C'est une culture ancienne, vieille de 5000 à 7000 ans, utilisée initialement comme aliment de base par les anciens Aztèques au Mexique. L'amarante est connue pour sa richesse en protéines, vitamines et minéraux, ainsi que pour son abondance en composés phytochimiques qui contribuent à la santé humaine. Cette culture polyvalente trouve des applications dans les industries alimentaire, cosmétique et pharmaceutique grâce à ses propriétés nutritionnelles et médicinales. La plage de température idéale pour sa croissance est de 20 à 30 °C, avec une intensité lumineuse de 1240 à 1260 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. La plage de pH optimale pour la croissance est de 5,5 à 7,5, tandis qu'un niveau plus élevé de conductivité électrique (CE) de 4 à 8 est recommandé pour obtenir un rendement maximal.

Le chapitre II décrit les matériaux de recherche, la méthode employée, les résultats obtenus, et les conclusions des tests d'engrais sur des plants de laitue. Sept variétés de laitue ont été testées, à savoir : la Fast Fall de Nam Viet, la KKL de la station de recherche légumière Kbal Koh, les variétés Lollo Bionda et Lollo Rosa d'Amia Seed, ainsi que les Lugano et Carmesi de Rijk Swaanse et la Chinese Purple de Yingre Seeds Company. Les engrais utilisés étaient le Formulex (2,3N-0,9P-3,4K), l'Universol (18N-11P-18K+2,5MgO), le Bio-Grow (4N-3P-6K) et un traitement de contrôle (eau).

Tout d'abord, un total de 100 graines de chaque variété ont été semées dans un plateau en plastique de 40 x 60 cm, rempli d'un substrat composé à 75 % de fibre de coco et à 25 % de perlite. Après l'apparition des feuilles cotylédonaire, les semis ont été transférés dans des pastilles de tourbe Jiffy. Les engrais ont été appliqués à un taux de 2 ml/L d'eau et administrés quotidiennement depuis le semis jusqu'à ce que les semis atteignent le stade de 4 feuilles vraies. Vingt plantes de chaque variété ont été traitées avec différents engrais. Au 28^e jour après le semis, cinq plantes représentatives de chaque variété ont été sélectionnées et évaluées pour divers paramètres, y compris la hauteur des plantes, le nombre de feuilles, les taux de croissance et le nombre de jours nécessaires à la formation des feuilles vraies.

Nous concluons que les effets des engrais sur les semis de laitue peuvent varier, étant soit positifs, soit négatifs. L'application d'Universol a produit les résultats les plus favorables en matière de nombre de feuilles, avec l'apparition de la quatrième feuille deux jours plus tôt que le traitement témoin et cinq jours plus tôt que ceux traités avec Bio-Grow. Les semis traités avec Formulex ont montré des résultats similaires à ceux du traitement témoin concernant la hauteur des plants, le nombre de feuilles, les taux de croissance et la formation des feuilles. En revanche, les semis traités avec Bio-Grow ont présenté des caractéristiques de croissance inférieures, notamment une hauteur réduite, des taux de croissance lents, et un retard de trois jours dans la formation de la quatrième feuille.

Chapitre III : Nous avons réalisé des expériences sur sept variétés de laitue dans le cadre du système de technique de film nutritif (NFT), les soumettant à deux conditions d'éclairage différentes. Un groupe a été exposé à la lumière naturelle tandis que l'autre bénéficiait d'une lumière rouge LED. Ces variétés étaient identiques à celles étudiées dans le Chapitre II. L'expérience s'est déroulée au cours des années 2022 et 2023 et a été organisée selon un plan en blocs complets randomisés (RCBD) avec trois répliques, totalisant ainsi 15 plants par variété, avec cinq plants par réplique. Les niveaux de conductivité électrique (CE) et de pH ont

été maintenus constants durant toute l'expérience. De plus, la température, l'humidité et les niveaux de CO₂ étaient contrôlés automatiquement. Dans le système NFT utilisant la lumière rouge LED, l'intensité lumineuse a été fixée à 232 $\mu\text{mol } \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ avec une photopériode de 16 heures de lumière suivies de 8 heures d'obscurité. À l'inverse, sous lumière naturelle, l'intensité lumineuse oscillait entre 300 et 500 $\mu\text{mol } \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Les données ont été recueillies une fois lors de la période de récolte, et une analyse de variance factorielle (ANOVA) a été menée à l'aide du logiciel Statistica.

Sur la base des résultats obtenus sur deux ans., nous concluons que les conditions d'éclairage influencent significativement tous les paramètres observés, sauf le diamètre le plus large. Les variétés de laitue cultivées dans des conditions de lumière naturelle présentaient une hauteur de plante plus élevée, une plus grande surface foliaire, un plus grand nombre de feuilles, un poids frais plus important, ainsi qu'une teneur supérieure en matière sèche, en brix, en chlorophylle et en caroténoïdes. En revanche, la laitue cultivée sous lumière LED rouge affichait un volume de racines plus important, une longueur de racine plus longue et une teneur en nitrates plus élevée dans les feuilles fraîches.

Chapitre IV : Concernant la production des espèces Brassica sur le système NFT, nous incluons une introduction, des matériaux de recherche et des méthodes, des résultats et une conclusion. Quatre espèces de brassica ont été utilisées : moutarde verte (V1), une variété de la station de recherche de légumes de Kbal Koh au Cambodge ; moutarde verte (2) ; choy sum (V3), une variété de la société Nam Viet Seeds ; et chou kale chinois (V4), une variété de la société KsSeed.

La culture commence par le semis des graines dans le substrat, leur transfert dans la tourbe jiffy, puis leur transplantation dans la chambre NFT à 20-25 jours (3-4 vraies feuilles). 50 plants de chaque variété ont été placés dans le système de culture sans répétition. La CE et le pH ont été surveillés régulièrement. Toutes les données ont été collectées pendant la période de récolte.

Sur la base des résultats obtenus lors des expériences, nous concluons que les saisons de croissance ont une influence significative sur la hauteur des plantes, la longueur des feuilles, l'indice de teneur en chlorophylle, la masse fraîche, la matière sèche et la teneur en nitrates dans les feuilles. Cependant, aucun impact significatif n'a été observé sur le nombre de feuilles, la largeur des feuilles ou le taux de sucre (brix). Il est également à noter que tous ces paramètres présentaient des différences significatives entre les quatre espèces de Brassica étudiées. Les deux variétés de moutarde verte et le choy sum ont affiché un meilleur rendement lorsqu'ils ont été cultivés en janvier 2022, tandis que le chou kale chinois a montré un rendement maximal en octobre 2022.

Chapitre V : inclut l'introduction, les matériaux et méthodes de recherche, les résultats et la conclusion sur la production d'amarante sur le système NFT. Une variété d'amarante provenant du Cambodge a été utilisée dans les tests en 2022 et 2023.

Tout d'abord, les graines d'amarante ont été semées dans de la fibre de coco mélangée à de la perlite dans des proportions de 75 % et 25 % et arrosées quotidiennement. Une semaine après la germination, les semis ont été transférés dans la tourbe jiffy jusqu'à l'apparition de trois vraies feuilles ; environ 28 à 30 jours après le semis, les semis ont été placés dans le système NFT. La CE et le pH ont été vérifiés régulièrement ; les données ont été collectées une fois au stade de la récolte.

Nous concluons que la production d'amarante a été significativement influencée par l'année de culture en termes de hauteur de la plante, nombre de branches, largeur des feuilles, longueur du pétiole, longueur des racines, poids frais, poids des tiges, poids des feuilles, nombre de feuilles par plante, brix, %MS et teneur en nitrates ; cependant, le nombre de feuilles, sur la tige principale, la longueur des feuilles et le volume des racines n'ont pas été affectés par l'année de culture. La culture de 2023 a donné une meilleure croissance et un meilleur rendement par rapport à 2022.

Chapitre VI présente les analyses des micro- et macronutriments de toutes les espèces de légumes examinées dans cette thèse. Ce chapitre comprend une introduction, une description des méthodes analytiques utilisées, et la présentation des résultats. Les analyses minérales pour toutes les espèces ont été réalisées une seule fois en 2023, suivant le protocole établi par le Laboratoire d'Analyse Physico-Chimique, qui fait partie du Centre de Recherche pour l'Étude de la Qualité des Produits Alimentaires et Agricoles de l'USAMV.

Nous concluons que toutes les variétés de laitue cultivées dans des conditions de lumière naturelle avaient une meilleure teneur en P, Fe, Cu et Al, tandis que sous la lumière rouge LED, elles fournissaient plus de K, Ca, Mg, Na et Zn.

Neuf micro- et macro-éléments sont présents dans les feuilles des espèces de Brassica et d'amarante, notamment K, Ca, P, Mg, Zn, Fe, Na, Al et Cu. Choy sum et chou kale chinois avaient de meilleures teneurs en Ca, P et Fe par rapport à la moutarde verte. L'amarante contient plus de micro- et macronutriments que les autres espèces.

Chapitre VII, inclut la conclusion et les recommandations de toutes les espèces dans cette thèse qui fournissent des résultats instructifs.