

CPS21_109 Livrable 3: Rapport d'analyse et de transferts, des méthodes validées, ainsi que les supports de diffusion et vulgarisation système agroforestier (SAF) à WALLIS ET FUTUNA :

Mickael SANSONI

08/01/2024

**AGRICULTEURS CONSULTANTS
FORMATEURS EN AGROFORESTERIE
SYNTROPIC**

Le projet régional océanien des territoires pour la gestion durable des écosystèmes, PROTEGE, est un projet intégré qui vise à réduire la vulnérabilité des écosystèmes face aux impacts du changement climatique en accroissant les capacités d'adaptation et la résilience. Il cible des activités de gestion, de conservation et d'utilisation durables de la diversité biologique et de ses éléments en y associant la ressource en eau. Il est financé par le 11^{ème} Fonds européen de développement (FED) au bénéfice des territoires de la Nouvelle-Calédonie, de la Polynésie française, de Pitcairn et de Wallis et Futuna.

L'objectif général du projet est de construire un développement durable et résilient des économies des pays et territoires d'Outre-mer (PTOM) face au changement climatique en s'appuyant sur la biodiversité et les ressources naturelles renouvelables.

Le premier objectif spécifique vise à renforcer la durabilité, l'adaptation au changement climatique et l'autonomie des principales filières du secteur primaire. Il est décliné en deux thèmes :

- Thème 1 : la transition agroécologique est opérée pour une agriculture, notamment biologique, adaptée au changement climatique et respectueuse de la biodiversité ; les ressources forestières sont gérées de manière intégrée et durable.
 - Thème 2 : les ressources récifo-lagonaires et l'aquaculture sont gérées de manière durable, intégrée et adaptée aux économies insulaires et au changement climatique.

Le second objectif spécifique veut renforcer la sécurité des services écosystémiques en préservant la ressource en eau et la biodiversité. Il se décline également en 2 thèmes :

- Thème 3 : l'eau est gérée de manière intégrée et adaptée au changement climatique
- Thème 4 : les espèces exotiques envahissantes sont gérées pour renforcer la protection, la résilience et la restauration des services écosystémiques et de la biodiversité terrestre.

La gestion du projet a été confiée à la Communauté du Pacifique (CPS) pour les thèmes 1, 2 et 3 et au programme régional océanien pour l'environnement (PROE) pour le thème 4, par le biais d'une convention de délégation signée le 26 octobre 2018 entre l'Union européenne, la CPS et le PROE. La mise en œuvre du projet est prévue sur 4 ans.

Ce rapport est cité comme suit :

Mickaël SANSONI, Note de cadrage de la prestation

Cette publication a été produite avec le soutien financier de l'Union européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité de l'auteur Mickaël SANSONI et ne reflète pas nécessairement les opinions de l'Union européenne.

Intervenants

Cette mission mobilise un agriculteurs agroforestiers et consultant en Nouvelle Calédonie : Mickael Sansoni.

Dans l'esprit du projet de favoriser les collaborations, d'autres experts mandatés par la DSA ou la CPS pourront être mobilisés.

Expérience dans le domaine :

Mickael SANSONI mandataire du contrat, agriculteurs depuis 6 ans en agroforesterie syntropic en Nouvelle-Calédonie, je m'appuie sur les données accumulées et les techniques mises en oeuvre pour construire des formations adaptées au contexte océanien. L'exploitation de 2,7 hectares en agroforesterie avec pour éléments clefs la fertilité biologique et la microbiologie des sols.

Les connaissances acquises s'appuient aussi sur des projets transverses sur d'autres problématiques à l'échelle de la nouvelles Calédonie :

- 2018 à 2019 l'organisation de formations pratique d'agroforesterie sur ma ferme avec le GAB NC
- 2019 à 2020 La mise en place d'une parcelle expérimentale sur la production de santal en agroforesterie avec SUD FORET (SAEM de la province sud)
- 2019 à 2020 des formations dans les lycées et collèges de la province sud pour sensibiliser les élèves à la place de l'arbre et de la biodiversité dans nos sociétés par la mise place d'ateliers pratiques et théoriques.
- 2020 une session de formation pratique d'agroforesterie chez un agriculteur à Lifou pour la CANC
- 2020 une session de formation pratique d'agroforesterie chez un agriculteur à Ouvéa pour la CPS
- 2020 à 2021 l'étude et la mise en place de parcelles de Santal mixte agriculture / sylviculture sur Maré en collaboration avec l'université de Nouvelle Calédonie.
- 2020 à 2023 l'étude et la mise en place de parcelles d'agroforesterie en Nouvelle Calédonie pour le projet PROTEGE.
- 2021 à 2023 l'étude et la mise en place de parcelles d'agroforesterie en Polynésie Française pour le projet PROTEGE et l'UICN.
- 2021 à 2023 l'étude et la mise en place de parcelles d'agroforesterie à Wallis et Futuna pour le projet PROTEGE.
- 2022 participation via L'association Agir des stratégies agroforestière des 3 provinces de Nouvelle Calédonie.

Remerciements

A Tous les agriculteurs ayant investi dans la création et la gestion de parcelles en agroforesterie et partagent leurs retour sur expérience.

René Wachapo, Tehei Asine, Pakokota lodge, Guillaume Vama, Tui Toafa, Johan Malau, René Marlier, La Belle Terre, Randy Utchaou, Raynald Washetine, Julien Lebreton, Anna Loridan

Table des matières

1. Introduction	8
1.1. Buts :	8
1.2. Moyens :	8
2. Bilan des Parcelles actions réalisées durant la mission.....	9
2.1. Bilan parcelle de Tui Toafa sur Wallis :	9
En résumé :	10
Dans le détail :	10
Transfert de compétences :	12
actions recommandées sur la parcelle:	12
2.2. Bilan parcelle de Johan Malau sur Wallis :	13
En résumé :	14
Dans le détail	15
Transfert de compétences :	15
Recommandation pour la parcelle de Johan Malau :	16
2.3. Bilan parcelle d’Alikisio Vaitootai sur Wallis :	17
En résumé :	18
Dans le détail :	18
Transfert de compétences :	19
actions recommandées sur la parcelle:	19
2.4. Bilan de la création de deux parcelles chez Melesete sur Futuna :	20
En résumé :	21
Transfert de compétences :	21
Actions recommandées sur la parcelle:	22
2.5. Bilan du développement de l’ancienne parcelle des jeunes de POI sur Futuna :	22
2.6. Bilan visite des parcelles de Tominiko Savio TUISEKA	22
3. Le design idéal des futures parcelles et de la reproductibilité du processus global sur Wallis et Futuna ainsi que l’implémentation des nouvelles parcelles sur le territoire.....	23
3.1. Bilan retour sur expérience des parcelles, faits marquants, et résultats inattendus.	23

3.2.	Design idéal pour les parcelles de maraichage ou fruitière :	24
3.3.	Design idéal pour les parcelles en végétalisation avant exploitation sur du toafa :	24
4.	Les clefs de la fertilité et les intrants adaptés à la démarche.	25
4.1.	La liste des Intrants	25
4.2.	Le minéral, Le basalte	25
4.3.	L'organique Le compost végétal	25
4.4.	L'organique engrais de poisson	25
4.5.	L'organique fumier de poule ou lisier de cochon	25
4.6.	Stratégie de fertilisation	26
5.	Les bonnes pratiques de taille des arbres support.	27
5.1.	La durée de vie des arbres support et le sabre	27
5.2.	Le matériel	27
6.	Le bilan des espèces forestières et pionnières adaptées aux différents contextes	28
6.1.	Avertissement sur le cas du Moringa	28
6.2.	Espèces Forestières recommandées et expérimentées	29
7.	Recommandations pour la diffusion de l'agroforesterie dans les pratiques agricoles	35
8.	Annexes	36

Résumé exécutif

Titre de la mission	CPS21_109 Diagnostics, formations et accompagnement à la mise en place de parcelles tests en système agroforestier (SAF) en Nouvelle-Calédonie
Auteurs	Mickael SANSONI
Collaborateurs	
Editeurs	CPS
Année d'édition du rapport	2021

Objectif	<ul style="list-style-type: none"> • L'identification des contraintes et des besoins en adéquation avec les objectifs fixés par l'agriculteur ou l'association • Le but est de préparer la mise en place d'un système agroforestier en fonction du contexte humain, matériel et environnemental • La démonstration de la théorie à la pratique : journées de formation au champ (autoproduction de plants, mise en place de lignes d'arbres supports, adapter et mettre en place de tests de consortium de plantes/arbres/arbustes, compréhension des interactions des plantes, compréhension de la vie biologique du sol, apprentissage des moyens de lutte alternative biologique • Le regroupement géographique et d'intérêt : phase de partage des propositions aux agriculteurs pour une validation et mise à plat des différents plans, espèces, et objectifs à long terme de chacun • L'observation, le suivi et l'évaluation des systèmes mis en place
Contexte	<p>Les contextes agro-socio-économiques des PTOM, et plus largement de la région océanienne, montrent de grandes similitudes : importance de l'agro-biodiversité et des systèmes de production familiaux, savoir-faire traditionnel, mode de production "bio" peu ou pas valorisé, difficulté d'approvisionnement en intrants, petite taille des économies agricoles, nécessité de s'adapter aux effets (précipitations, cyclones, sécheresses) du changement climatique (CC) et difficulté d'accès aux marchés et aux informations. L'agriculture biologique (AB) n'est pas un concept nouveau et de nombreuses populations ont toujours des pratiques agricoles basées sur des systèmes "traditionnels" exempts de produits agrochimiques.</p>
Méthodologie	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser un diagnostic de chaque ferme sélectionnée par la DSA dans le programme CPS21-109 – PROTEGE. • Suivre les principes établis par la méthode dénommée agroforesterie syntropic qui permet un retour d'expérience des nombreux champs productifs dans des climats similaires • Etablir un bilan du contexte végétal présent aux alentours de chaque ferme afin d'utiliser au maximum le potentiel agronomique les espèces déjà présentes. • Privilégié une approche de développement de micro-organismes symbiotiques avec les plantes pour capter et stocker un maximum de carbone dans les sols agricoles • Formation théorique sur l'agroforesterie • Formation de co-conception et design d'un système agroforestier • Formation pépinière sur la germination et le développement des arbres supports

	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi en visio conférence sur la mise en oeuvre de chacun des projets en coordination avec la DSA
--	---

Résultats et conclusions			
Limites de la mission			
Evolutions	20231017	Date de la version	17/10/2023

1. Introduction

1.1. Buts :

Objectif de la visite : Transformer le potentiel de production en réalité, en convertissant les lignes d'arbres en cultures de légumes, tubercules et fruits.

Livrable N°3 :

- Bilan des 3 parcelles à Wallis (depuis septembre 2022) et 1 à Futuna (depuis janvier 2024).

Détails à venir : Évaluation des parcelles, design idéal pour les futures parcelles, clés de la fertilité, bonnes pratiques de taille des arbres, gestion des rotations de cultures et de l'irrigation, évaluation des espèces forestières adaptées.

- Recommandations finales : Suggestions pour la DSA sur le développement de l'agroforesterie à Wallis et Futuna.

1.2. Moyens :

Pour réaliser le livrable N°3 fait suite à la mission du 08/01/24 au 22/01/24

Cette mission comprend :

- Visite et diagnostique avec la DSA et les agriculteurs des 3 fermes de démonstration en agroforesterie et d'une parcelle plantée en agroforesterie chez Otilone faisant suite aux formations réalisées dans le cadre des précédentes missions, sur Wallis
- Plantation de 2 parcelles à Futuna dans la ferme de démonstration de Melesete
- Visite de la ligne installée sur l'ancienne parcelle des jeunes de POI à Futuna
- Visite des futures parcelles proposées en agroforesterie à Futuna chez Tominiko Savio TUISEKA (producteur de vivrier et kava) et un verger d'essence adapté aux changement climatique à Alo
- Réunion de bilan des actions du contrat CPS21-109 avec la DSA

2. Bilan des Parcelles actions réalisées durant la mission

2.1. Bilan parcelle de Tui Toafa sur Wallis :



En résumé :

La parcelle de Tui Toafa est bien entretenue et présente plusieurs problématiques :

- **Production de biomasse** : Bien que la parcelle semble produire un volume important de biomasse, celle-ci est en réalité très peu dense. Les bananiers et les moringas sont les principaux contributeurs à cette production.
- **Production de racines** : La production de racines par les essences forestières choisies est insuffisante.
- **L'effet allélopathique du moringa** est défavorable aux productions maraîchères et vivrières.
- **Production de légumes** : La production de légumes et d'ignames est médiocre en raison des attaques d'escargots, des nématodes à galle meloidogyne et d'une carence en minéraux. Cependant, la production de bananes et la croissance des arbres fruitiers (corossol) sont satisfaisantes.
- **Transition vers l'agroforesterie** : La transition vers un système agroforestier prend en moyenne 4 ans. Pendant cette phase, il est nécessaire de compenser la fertilité intrinsèque par un apport de compost adapté à chaque culture ou un brûlis localisé.
- **Gestion de la parcelle** : La gestion de la parcelle a consisté à tailler les bananiers, les essences forestières, tronçonner les moringas et fixer la hauteur des espèces à croissance rapide. Ensuite, le paillage a été organisé pour la plantation de concombres, de salades et un semis direct de graines d'haricot kilomètre et d'autres variétés population grimpances. Pour chaque plant, un mélange de broyat composté et de fumier de poule a été ajouté. En somme, malgré certains défis, la parcelle de Tui Toafa montre des signes prometteurs pour l'avenir.
- **Carence en minéraux** : Les plantes maraîchères montrent des carences dues à la faible disponibilité du phosphore, du calcium et du potassium, typiques d'un sol ferrallitique avec de la matière organique bloquée. Le tableau ci-dessous issue de l'analyse de sol celesta-lab du 27/08/2021 appuie l'hypothèse de la carence minérale.

Analyse minérale			Optimum		Très faible	Faible	Se
Anhydride Phosphorique (g/kg)	0,016		0,050	0,080	■		
Bases échangeables (g/kg) (%CEC)							
Oxyde de Potassium-K ₂ O	0,071	0,8	0,200	0,400	■		
Oxyde de Magnésium-MgO	0,415	10,3	0,240	0,340			
Oxyde de Calcium-CaO	2,69	47,9	3,924	4,485		■	
Oxyde de Sodium-NaO	0,029	0,01	0,001	0,100			
Rapport K ₂ O/MgO	0,20	Souhaitable:	1,00				

Dans le détail :

La parcelle de Tui Toafa est bien entretenue. Elle a produit un volume de biomasse en apparence important mais en réalité une production de matière très peu dense. Cette matière produite par ordre d'importance en premier lieu par les bananiers et en deuxième lieu par les moringa. De même la production de racines par les essences forestières choisies est insuffisante. Nous pouvons l'effet allélopathique défavorable du moringa sur les productions maraîchère et vivrière. Nous développerons le problème du moringa dans le paragraphe « 3.1 Bilan retour sur expérience des parcelles, faits marquants, et résultats inattendus ».

Evolution de la parcelle disparition du tournesol mexicain sous l'effet de la taille et de l'ombrage des bananiers (succession végétative)

La production de la parcelle par rapport aux attentes de l'agriculteur est médiocre au niveau du maraichage. Les productions de légumes et ignames sont touchées par 3 facteurs, les attaques d'escargots, les nématodes à galle meloidogyne et une carence en minéraux et très bonne au niveau de la production de banane et de la croissance des arbres fruitiers implantés (corossol). L'observation des plantes maraichères montre des carences dues à la faible disponibilité du phosphore, calcium et du potassium typique d'un sol ferrallitique avec de la matière organique bloquée.

Dans les autres parcelles de l'agriculteur ces carences sont compensées par le brûlis et / ou un parc à cochon tournant.

Sur les différentes parcelles réalisées dans le cadre de protégé en particulier sur les sols contenant une faible teneur en calcium, l'implantation des parcelles prend entre 1,5 et 2 ans pour bénéficier de la disponibilité des minéraux et de la matière organique ; soit de la fertilité générée par le système agroforestier.

Dans cette phase de transition qui en moyenne prend 4 ans nous devons compenser la fertilité intrinsèque par un apport de compost adapté à chaque culture ou brûlis localisé.

La production constatée sur les bananiers qui ont des cycles longs est due au fait qu'ils arrivent à compenser les carences par un réseau racinaire mycorhizés et ne subissent pas les effets négatifs des moringas sur leur croissance. En effet ils ont un système racinaire puissant qui leur permet de puiser des minéraux directement dans le poussier. Nous avons constaté la même réponse sur les arbres fruitiers tels que les abius et les corossols.

Enfin les principales essences forestières togovao, poumuli, maota installées par le fait de leur disponibilité dans la pépinière de la DSA et par choix de l'agriculteur sont à ce stade insuffisantes par rapport aux performances attendues en production de matières organiques et de racines. En réalisant le retour d'expériences des parcelles nous développeront dans un chapitre les espèces idéales à produire pour l'installation des champs.

La gestion de la parcelle a consisté à tailler les bananiers, les essences forestières, tronçonner les moringa et de fixer la hauteur des espèces à croissance rapide.

- Nous avons taillé 60% des bananiers afin d'avoir un taux de lumière favorable au maraichage et du paillage.
- Nous avons taillé les branches latérales des essences forestières sur les 2/3 de la hauteur.
- Nous avons stratifié les arbres pionniers gliricidia et lepo en taillant leur bourgeon apical à 2 mètres de hauteur.
- Nous avons tronçonné les troncs de moringa à moins de 30 cm du sol afin de les éliminer du système.

Puis nous avons organisé le paillage pour la plantation de plants de concombre, de salade et un semis direct de graines d'haricot kilomètre et d'autres variétés grimpante population. Ajout de 3 plants d'abiu (autoproduction de l'agriculteur) en production fruitière dans une des lignes d'arbre support d'agroforesterie et de 2 plants de kanava (boutures de la pépinière de la DSA).

Pour chaque plant nous avons ajouté un mélange de broyat composté 2/3 et de fumier 1/3 de poule. La quantité de ce mélange dépend de l'espèce maraichère/vivrière cultivée 0,75 litre pour les plants de concombre / haricot et 0,2 litre par plant de salade. Nous avons aussi ajouté 0,75 litre par plant d'igname déjà planté dans la parcelle.

Transfert de compétences :

maitrise de la pratique ou de la notion	Acquis	en cours d'acquisition	non acquis
compréhension du système agroforestier		X	
appropriation/volonté de gérer ce système	X		
plantation d'une nouvelle parcelle	X		
processus pépinière	X		
gestion de la taille	X		
gestion de la fertilité		X	
gestion des bioagresseurs		X	
mise en culture de production de maraichage		X	

C'est la ferme de démonstration de Tui Toafa qui a le mieux intégré les principes et les limites de l'itinéraire technique. Ce degré d'adoption peut se mesurer par le design conjoint de l'extension de sa future parcelle et la gestion autonome de la parcelle Protege. Cet agriculteur est également en mesure d'expliquer à des stagiaires ou à d'autres agriculteurs traditionnels le fonctionnement de sa parcelle.

actions recommandées sur la parcelle:

- **Modifier les lignes d'arbres support** : En essayant de se rapprocher du consortium idéal en terme de densité des espèces validées telles que le fau, gaiac, le kanava, nonu, talie, fau, mohokoi, lepo, fa.
- **Stratégie de fertilisation à chaque les rotations** : suivre un plan de fertilisation à chaque rotation de légumes ou tubercules selon le chapitre 4.6, cette stratégie peut aussi inclure le brûlis d'une faible quantité de biomasse localisé sur la bande de culture.
- **Attaques d'escargot sur les jeunes plants de maraichage** : transplanter les plants maraichers de la pépinière vers le champ sans paillage. Puis ajouter le paillage 2 à 3 semaines après plantation.
- **Enlever les moringas** de la parcelle nous pouvons en laisser 1 par ligne d'arbre support destiné à la consommation de feuilles. Ne pas utiliser sa biomasse pour le paillage.
- **Planter du ricin et du tournesol mexicain en rotation** du maraichage ou du vivrier sur les planches de la parcelle.
- **Taille des arbres et ergonomie de travail** : Compte tenu de l'âge du couple d'agriculteurs, de la taille future des plants fruitier à 2,5 mètre et de l'équipement d'une perche télescopique de 4 mètres, nous conseillons de tailler les plantes supports de la strate basse à 1,2 mètre avec un taille-haie ou un sécateur à hauteur de coude. La strate moyenne devrait être taillée à 1,8 mètre avec un sécateur ou la perche, et les arbres supports de la strate haute à 3,5 mètres de hauteur.

2.2. Bilan parcelle de Johan Malau sur Wallis :



En résumé :

La parcelle de Johan ne nécessite pas d'entretien entre deux visites et présente plusieurs problématiques :

- **Développement végétatif** : La moitié de la surface présente un développement satisfaisant principalement grâce aux faux gaiacs. L'autre moitié de la parcelle a des problèmes de fertilité.
- **Bilan des plants** : Les résultats varient selon les espèces. Les faux gaiacs et les fa (pandanus) se développent bien. Les gliricidias se développent bien près des gaiacs, mais moins ailleurs. Les taliés et lepo se développent dans la sphère des faux gaiacs. Les togovao, poumuli, maota, kafica vao montrent un développement faible. Les nius (coco germés) résistent bien mais montrent une carence en potassium. Les vetivers ont une faible croissance et une forte mortalité.
- **Biomasse** : La parcelle commence à produire de la biomasse, permettant un bon paillage des plants forestiers mais pas des inter-rangs à ce stade.
- **Boutures de fau** : Des boutures de fau ont été plantées pour tester leur réaction près des gaiacs développés.
- **Manioc** : Les maniocs plantés il y a 6 mois n'ont pas produit. Une plantation déphasée de 3 à 5 ans pourrait être plus probante. Si le sol manque de potassium, d'autres cultures comme l'igname ou le maraîchage pourraient être envisagées.
- **Business plan de Johan** : Il a changé son objectif de production initiale (alimentation porcine) en raison de sa fin de contrat professionnel et du déficit financier de l'élevage porcin. Johan s'oriente désormais vers la production maraîchère.
- **Carence en minéraux** : Les plants d'essences forestières et les Niu montrent des carences dues à la faible disponibilité du phosphore, du calcium et du potassium, typiques d'un sol ferrallitique avec de la matière organique bloquée. Le tableau ci-dessous issue de l'analyse de sol celesta-lab du 09/02/2022 appuie l'hypothèse de la carence minérale.

Analyse minérale			Optimum		Très faible	Faible	Se
Phosphore Olsen P2O5 (g/kg)	0,013		0,050	0,080	■		
Bases échangeables (a/ka)		(%CEC)					
Potassium-K2O	0,057	0,6	0,200	0,400	■		
Magnésium-MgO	0,447	11,5	0,130	0,180			
Calcium-CaO	0,75	13,9	3,788	4,330	■		
NaO	0,037	0,01	0,001	0,100			
Rapport K2O/MgO	0,10	Souhaitable:	1,90				

Dans le détail

La parcelle de Johan est en bon état et n'a pas nécessité d'entretien entre deux visites. Les faux gaiacs, plantés en forte densité, ont bien poussé. Ceux qui ont été mycorhizés ont atteint en moyenne 2,5 mètres, tandis que ceux non mycorhizés ont atteint 1,5 mètres. Ils créent de l'ombre et bloquent le vent, ce qui a un impact significatif sur la croissance des autres plants.

Les fa (pandanus) ont bien pris et ont développé des racines traçantes, à la fois verticales et horizontales. Ils sont résistants aux conditions d'exposition au vent, au soleil et à une terre qui ne retient pas l'eau.

Les gliricidias se sont bien développés dans la zone d'influence des gaiacs. Cependant, leur croissance et leur biomasse sont faibles dans le reste de la parcelle. Les taliés et les lepo commencent à se développer près des faux gaiacs et prendront le relais des gaiacs dans 2 à 4 ans après l'implantation de la parcelle.

Les togovao, poumuli, maota, kafica vao montrent un développement faible sur la majorité de la population implantée. Les nius (coco germés) ont bien résisté après leur implantation, mais 2/3 présentent une carence en potassium. Cette carence se retrouve sur la végétation autour de la parcelle.

Les vetivers ont une faible croissance et une forte mortalité. Ils ne sont pas adaptés à ce contexte pionnier. La parcelle commence à produire de la biomasse qui permet un paillage correct des plants forestiers avec des branches de gaiacs et de gliricidia.

Des boutures de fau ont été plantées pour tester leur réaction à proximité des gaiacs. Le manioc planté il y a 6 mois n'a pas produit. Nous pensons qu'une plantation décalée de 3 à 5 ans sera plus probante. Si le potassium n'est pas adapté à la culture du manioc, nous pouvons le remplacer par d'autres cultures comme l'igname ou le maraîchage.

Johan se tourne vers la production maraîchère. Pour cela, il utilise les résultats de sa parcelle de démonstration. Sa stratégie repose sur deux consortiums végétatifs successifs.

Le premier consortium comprend des gaiac, des fa, des lepo et des talié, plantés tous les 2,5 mètres. Après 2 ou 3 ans, un deuxième design, similaire au design idéal, est implanté.

La production maraîchère peut commencer dès la deuxième année. Les tubercules peuvent être récoltés après 2 à 5 ans.

Nous conseillons à Johan de commencer à cultiver dans la parcelle de pinus. Pour cela, il doit supprimer un rang sur deux. Cela permettra à la nouvelle parcelle agroforestière de devenir productive.

Transfert de compétences :

maitrise de la pratique ou de la notion	acquis	en cours d'acquisition	non acquis
compréhension du système agroforestier		X	
appropriation/volonté de gérer ce système		X	
plantation d'une nouvelle parcelle		X	
processus pépinière			X
gestion de la taille		X	
gestion de la fertilité			X
gestion des bioagresseurs			X
mise en culture de production de maraichage			X

Ce bilan devra être validé par la pratique car Johan s'est impliqué très tard sur la parcelle.

Recommandation pour la parcelle de Johan Malau :

- **Taille des arbres et ergonomie de travail** : Compte tenu du but de production de maraîchage et de la faible rentabilité de ce type de sol « toafa » les 4 premières années, nous conseillons de tailler les plantes supports de la strate basse à 1 mètre avec un taille-haie ou un sécateur à hauteur de coude, la strate moyenne devrait être taillée à 1,5 mètre avec un sécateur ou la perche, et les arbres supports de la strate haute à 2 mètres de hauteur.
- **Modifier les lignes d'arbres support** : En essayant de se rapprocher du consortium idéal pour le Toafa en terme de densité des espèces validées telles que le faux gaiacs, talie, fau, lepo, fa.
- **La culture du manioc sur le Toafa** doit être repoussée temporairement, certainement d'une durée de 2 à 5 ans après la plantation des arbres pionniers. Le temps que le potassium soit disponible. Ce fait, couplé à la prise de conscience par Johan que sa parcelle est trop petite pour produire suffisamment de nourriture pour son élevage de cochons et que l'élevage de cochons n'est pas viable financièrement comparé à une culture végétale, amène Johan à requalifier le but de son agriculture et à se rediriger vers du maraîchage et de l'agriculture vivrière. Cette réflexion pourrait inclure des parcs à cochons tournants pour fertiliser les champs.

2.3. Bilan parcelle d'Alikisio Vaitootai sur Wallis :



En résumé :

La parcelle d'Alikisio Vaitootai est passé du stade de prairie arborée à une couverture forestière assez dense sur la parcelle. L'ombre du système agroforestier diminue la pression de l'enherbement. La parcelle présente plusieurs problématiques :

- **La biomasse** est principalement produite par les bananiers et les moringas.
- **Plants d'agrumes** : Ils ont bien repoussé depuis une taille drastique en juin 2023. Les faux gaiacs, qui sont montés au-dessus, forment une strate haute.
- **Espèces d'arbres** : Les résultats sont similaires à ceux observés chez Johan Malau et Tui Toafa. Les vetivers se sont bien développés sur les lignes d'agrumes. Les Mohokoi (ylang ylang) ont bien repoussé après la taille.
- **Production de bananes** : Très bonne sur la parcelle avec des régimes plus gros que ceux de la parcelle de bananier implantée en même temps en juin 2023 aux dires du producteur.
- **Gestion de la parcelle** : Elle a consisté à tailler les bananiers, les essences forestières, tailler les moringa et fixer la hauteur des espèces à croissance rapide.
- **Plantation de concombres** : Le paillage a été organisé pour la plantation de plants de concombre et de semis direct de graines de concombre. Du fumier de poule frais a été ajouté pour chaque plant.
- **Ajout de plants** : 18 plants provenant de la pépinière de la DSA 7 Kanava et 2 plants de lepo et 9 kafika vao ont été ajoutés pour compenser le manque de production de biomasse du système agroforestier.
- **Ajout de vétiver** : Deux lignes de vétiver ont été ajoutées pour combler l'absence de strate basse et de couverture de sol.

Dans le détail :

La parcelle d'Alikisio Vaitootai est bien entretenue. Elle a permis aux espèces forestières de dominer l'herbe. La biomasse produite est principalement due aux bananiers et aux moringa.

Les plants d'agrumes ont bien repoussé depuis leur taille drastique en juin 2023. Ils nécessitent une nouvelle taille, qui sera réalisée avec l'aide de la DSA. Les faux gaiac ont poussé au-dessus des agrumes, formant une strate haute.

Nous pensons que le stress causé par la taille ne suffira pas pour combler le manque de froid nécessaire à la fructification des variétés d'orange et de mandarine choisies.

Les résultats concernant les espèces d'arbres plantées sont similaires à ceux observés chez Johan Malau et Tui Toafa. Les vetivers se sont bien développés sur les lignes d'agrumes. Les Mohokoi (ylang ylang) ont bien poussé après la taille.

Les essences forestières principales, togovao, poumuli, moata, sont insuffisantes en production de matières organiques et de racines. La production de banane est très bonne sur la parcelle. Les régimes sont plus gros que ceux de la parcelle de bananier plantée en même temps en juin 2023.

La gestion de la parcelle a consisté à tailler les bananiers, les essences forestières et les moringa. Nous avons taillé 60% des bananiers pour favoriser le maraîchage. Nous avons taillé les branches latérales des essences forestières sur les 2/3 de la hauteur.

Nous avons organisé le paillage pour la plantation de concombres. Pour chaque plant, nous avons ajouté du fumier de poule composté. Ensuite, nous avons ajouté 18 plants de la pépinière de la DSA 7 Kanava et 2 plants de lepo et 9 kafika vao.

Enfin, nous avons ajouté deux lignes de vétiver pour combler l'absence de strate basse et de couverture de sol.

Transfert de compétences :

maitrise de la pratique ou de la notion	acquis	en cours d'acquisition	non acquis
compréhension du système agroforestier		X	
appropriation/volonté de gérer ce système		X	
plantation d'une nouvelle parcelle		X	
processus pépinière			X
gestion de la taille		X	
gestion de la fertilité		X	
gestion des bioagresseurs		X	
mise en culture de production de maraichage		X	

Alikisio est à un degré d'implication intermédiaire entre Tui Toafa et Johan ;

actions recommandées sur la parcelle:

- **Taille des arbres et ergonomie de travail** : Compte tenu de la taille future des plants fruitiers et de l'équipement d'une perche télescopique de 4 mètres, nous conseillons de tailler les plantes supports de la strate basse à 1 mètre avec un taille-haie ou un sécateur à hauteur de coude. La strate moyenne devrait être taillée à 1,8 mètre avec un sécateur ou la perche, et les arbres supports de la strate haute à 3,5 mètres de hauteur.
- **Modifier les lignes d'arbres support** : En essayant de se rapprocher du consortium idéal en terme de densité des espèces validées telles que le faux gaiacs, le kanava, nonu, talie, fau, mohokoi, lepo, fa.
- **Mettre des fruitiers adapté au climat tropical** : changer le greffons des agrumes par une variété tropicalisée ou changer d'espèce de fruitier.
- **Stratégie de fertilisation à chaque les rotations** : suivre un plan de fertilisation à chaque rotation de légumes ou tubercules selon le chapitre 4.6, cette stratégie peut aussi inclure le brûlis d'une faible quantité de biomasse localisé sur la bande de culture.
- **Enlever les moringas** de la parcelle nous pouvons en laisser 1 par ligne d'arbre support destiné à la consommation de feuilles. Ne pas utiliser sa biomasse pour le paillage.
- **Planter du ricin et du tournesol mexicain en rotation** du maraichage ou du vivrier sur les planches de la parcelle.
- **Ajouter du Vetiver** en strate basse.

2.4. Bilan de la création de deux parcelles chez Melesete sur Futuna :



En résumé :

- **Parcelles chez Melesete** : Deux parcelles ont été mises en place chez Melesete pour tester différentes orientations des lignes d'arbres. L'une est une nouvelle parcelle agroforestière orientée nord/sud et l'autre est une conversion de 3 billons de maraîchage déjà en exploitation en agroforesterie.
- **Espèces d'arbres** : Les espèces d'arbres plantées sur la nouvelle parcelle dépendent de ce qui est disponible en pépinière. Il est recommandé d'appliquer le design idéal pour l'extension future de la parcelle.
- **Création des parcelles** : Le processus de création des parcelles a suivi plusieurs étapes. Tout d'abord, la parcelle a été marquée avec des piquets et de la ficelle pour délimiter les différentes zones (arbre support / fruitier, lignes de maraîchage, chemin). Ensuite, la terre a été décompactée et désherbée, en enlevant les racines des graminées et des faux mimosa. Environ 1 kg de basalte par m² a été incorporé dans le sol.
- **Plantation** : Les bananiers ont été plantés en premier, suivis des arbres fruitiers et des arbres supports. Ensuite, le paillage a été organisé et des plantes de strate basse ont été plantées en bordure de ligne d'arbre.
- **Travail manuel** : Toutes ces opérations ont été réalisées manuellement car les machines de la DSA et de la CCIMA étaient en panne. Cela a limité la surface travaillée. Le désherbage manuel méticuleux est l'opération la plus longue. Si cette étape est négligée, elle nécessitera un désherbage constant par l'agriculteur.

Transfert de compétences :

maitrise de la pratique ou de la notion	acquis	en cours d'acquisition	non acquis
compréhension du système agroforestier		X	
appropriation/volonté de gérer ce système		X	
plantation d'une nouvelle parcelle	X	X	
processus pépinière			X
gestion de la taille			X
gestion de la fertilité		X	
gestion des bioagresseurs		X	
mise en culture de production de maraîchage		X	

Melesete a une bonne acquisition des compétences malgré la plantation tardive de sa parcelle car son expérience lui donne des clefs de compréhensions sur beaucoup de notions.

Actions recommandées sur la parcelle:

- **Modifier les lignes d'arbres support** : En essayant de se rapprocher du consortium idéal en terme de densité des espèces validées telles que le kanava, nonu, talie, fau, mohokoi, lepo, fa.
- **Préparer les arbres en pépinière, les planter à une taille de 30 à 40 cm maximum.** Faire attention à ce que les racines pivots ne tournent pas ou ne traversent pas le contenant.
- **Rendre le basalte** disponible pour l'agricultrice.
- **Assister l'agriculteur pour le sousolage**
- **Taille des arbres et ergonomie de travail** : compte tenu de l'âge du couple d'agriculteur et du mal de dos dont ils souffrent. Nous conseillons de tailler les plantes supports de la strate basse avec un coupe ou un sécateur à hauteur de coude et les arbres supports de la strate haute à hauteur de tête.
- **Suivre le rendement de la production de maraichage**
- **Planter du ricin et du tournesol mexicain en rotation** du maraichage ou du vivrier sur les planches de la parcelle.

2.5. Bilan du développement de l'ancienne parcelle des jeunes de POI sur Futuna :

Lors de la formation design réalisée en juin 2023 sur Futuna, nous avons installé une ligne d'arbres supports. Nous avons mesuré la croissance de cette ligne six mois après son implantation. Le constat confirme la performance des plants de talié, fiki et niu. Le Futu a aussi généré une biomasse au moins égale à celle du talié. Il sera intéressant de le tester avec du maraichage chez Melesete avant de l'introduire en plus grand nombre dans les projets agroforestiers. L'herbe qui a poussé contre la ligne d'arbres supports est mieux développée et plus verte que celle sur le reste de la parcelle. Nous pouvons donc constater un effet bénéfique de la ligne d'arbres. Cette parcelle n'a pas la taille critique minimale pour juger de sa performance en production maraîchère. La taille minimale d'une parcelle d'agroforesterie est de 20 mètres de largeur représentant 4 lignes d'arbre support espacées de 5 mètres, sur 15 mètres représentant la longueur des lignes d'arbre support. La surface idéale permettant de bénéficier de tous les avantages de l'agroforesterie est de 3000 m². Pour plus de précision se référer aux manuels techniques de l'association AGIR NC.

2.6. Bilan visite des parcelles de Tominiko Savio TUISEKA

Nous avons visité un producteur de plants de kava et de vivrier, M. Tominiko Savio TUISEKA, dans le royaume d'Alo. Son objectif est de mettre en place une production diversifiée, intégrant des rotations de cultures entre des parcelles de kava, de vivrier et de maraichage. Une étude complète sera nécessaire pour concevoir ce système complexe, en tenant compte des exigences en matière de fertilité et de la sensibilité du kava.

3. Le design idéal des futures parcelles et de la reproductibilité du processus global sur Wallis et Futuna ainsi que l'implémentation des nouvelles parcelles sur le territoire.

3.1. Bilan retour sur expérience des parcelles, faits marquants, et résultats inattendus.

- Le tournesol mexicain disparaît dès que le reste des arbres a poussé, c'est-à-dire qu'il se retrouve à l'ombre des arbres taillés très bas. C'est l'effet de la succession végétative.
- Les moringas en forte densité, occupant la strate haute, ont un effet allélopathique sur les plantations de tubercules et maraîchères.
- La matière organique du moringa utilisée en paillage est aussi allélopathique.
- Il faut gérer activement les nématodes si la parcelle est destinée au maraîchage.
- La production de bananes et la croissance des arbres fruitiers donnent de bons résultats dans les systèmes agroforestiers.
- L'implantation du maraîchage sur le toafa doit être envisagée 1,5 à 2 ans après l'implantation de la parcelle, à moins d'avoir recours au brûlis localisé.
- Les essences forestières togovao, poumuli, maota sont destinées au bois de construction et ne sont pas des espèces support pionnières. Nous pouvons les utiliser à but de sylviculture. Leur rôle dans un système agroforestier en phase secondaire est à valider.
- Le comportement du *Gliricidia sepium* ne donne pas les résultats attendus. Son système racinaire, sa production de biomasse et l'impossibilité de produire des graines nous amènent à le remplacer par le Fau. Les performances des Fau plantés en boutures sont à suivre pour valider leur utilité dans les systèmes agroforestiers. Il faudra tailler le Fau avec une gestion rigoureuse et le laisser de préférence en strate moyenne pour éviter son effet allélopathique.
- La méthode d'éradication des moringas des SAF est à suivre et à valider. Les moringas ont été taillés très bas, à moins de 30 cm du sol, en même temps que la taille du SAF. L'agriculteur devra les tailler fréquemment pendant que le reste des arbres continuera à pousser et les maintiendra à l'ombre. Si cette stratégie échoue, il faudra fissurer les souches à la baramine. Si l'agriculteur souhaite cultiver le moringa, il est possible de l'introduire avec une densité d'un tous les 7 mètres ou bien de les planter dans une parcelle dédiée.
- La création d'une ligne coupe-vent sur les parcelles en hauteur doit être envisagée en début de projet. Nous conseillons une haie de type faux gaiac / Fa.
- Sur le toafa, il faut procéder en deux temps pour transformer ce sol pauvre en sol fertile. Soit la plantation d'un groupe d'arbres pionniers suivie 2 à 3 ans plus tard d'un design avec des essences forestières et des plantes de forêt secondaire.

3.2. Design idéal pour les parcelles de maraichage ou fruitière :

En tenant compte des retours d'expérience, nous ajoutons en annexe les designs idéaux des parcelles selon différentes stratégies d'occupation de l'espace. Le choix dépend principalement des outils et de la mécanisation à disposition de l'agriculteur. Dans tous les cas, ce design repose sur une grande disponibilité de graines faciles à conserver, à faire germer et qui poussent rapidement en pépinière.

3.3. Design idéal pour les parcelles en végétalisation avant exploitation sur du toafa :

Ce design s'applique à des projets similaires à celui de Johan Malau. Il se déroule en deux phases : une phase pionnière basée sur le faux gaïac, où la culture maraîchère est envisageable avec un plan d'amendement conséquent, et une phase de forêt secondaire où l'on peut envisager la culture vivrière, les arbres fruitiers et la culture maraîchère.

4. Les clefs de la fertilité et les intrants adaptés à la démarche.

4.1. La liste des Intrants

La liste des intrants recommandés comprend :

- Le basalte appelé poussier à Wallis et Futuna
- Un compost végétal
- L'engrais de poisson
- Un compost végétal / fumier
- Du fumier de poule pondeuse ou lisier de cochon composté

4.2. Le minéral, Le basalte

La dose de basalte à appliquer sur chaque parcelle dépend de l'analyse du sol et de la note de calcul réalisée par Agir en annexe de document, qui détermine la dose à utiliser dans les zones cultivées. Le principal frein à son utilisation sur Wallis est le coût d'achat et de transport du matériau. Certains territoires, comme la Nouvelle-Calédonie et la Polynésie française, sont en cours d'habilitation comme engrais avec des aides pour le transport et/ou l'achat. Concernant Futuna, le poussier est disponible gratuitement dans une carrière de Tavai, mais le transport et la manutention constituent un obstacle pour les agriculteurs non véhiculés.

4.3. L'organique Le compost végétal

Il est la source la moins chère et le plus facile à réaliser par l'agriculteur. Il nécessite une formation des agriculteurs pour la mise en œuvre et s'assurer qu'il soit assez riche pour pratiquer des cultures de légumes, vivrières ou fruitière. Comme pour le basalte la mise en œuvre et le dosage devrait se pratiquer par rapport à une note de calcul afin d'assurer les chances de réussites des projets.

4.4. L'organique engrais de poisson

Il est une source possible d'engrais organique pour les familles de pêcheurs et est plus délicat à réaliser que le compost végétal. Il nécessite une formation des agriculteurs pour sa mise en œuvre et pour s'assurer qu'il soit appliqué de manière appropriée, que ce soit en application foliaire ou en pleine terre, selon les types de cultures et leur stade. Le dosage devrait être pratiqué de manière précise afin de ne pas risquer de brûler la vie du sol et les plantes.

4.5. L'organique fumier de poule ou lisier de cochon

Le fumier de poule est facilement disponible dans les élevages, mais en quantité limitée. Il ne peut donc pas être la source unique pour alimenter le déploiement d'une filière agricole végétale. Il nécessite un temps de repos avant sa mise en œuvre, conformément aux bonnes pratiques des filières bio en Nouvelle-Calédonie. Le dosage à appliquer dépend de la culture visée.

Le lisier de cochon est disponible dans les parcs à cochons, souvent sous la forme de bourre de coco imbibée. Le dosage à appliquer dépend également de la culture visée.

4.6. Stratégie de fertilisation

Le but des parcelles d'agroforesterie est la production de nourriture diversifiée en légumes, tubercules et fruits. La première phase de test sur les lignes d'arbres supports nous permet de passer à la phase de test de la plantation de légumes.

Pour cela, nous allons utiliser un substrat mis dans le trou de plantation du plant ou de la graine maraîchère. Ce substrat est composé de trois portions de basalte et deux portions de compost. Le but de ce substrat est de nourrir le plant ou la graine car nous sommes sur des systèmes de moins de deux ans et le potentiel de fertilité biologique doit être compensé par un apport important de compost. Le basalte est utilisé comme stimulant de microorganismes, sachant qu'il commencera à être disponible à partir de huit mois avec un effet optimal sur le système à partir de quatre à six ans.

Il est important d'avoir un retour sur les réussites et les difficultés des cultures maraîchères ou vivrières pour pouvoir ajuster la quantité de substrat à ajouter. Nous ne sommes pas sur des processus figés mais plutôt sur des processus qui doivent s'adapter à la réalité de la dynamique du sol, du climat et des moyens. Donc, devenir agroforestier signifie passer par le processus d'apprentissage, intégrer, appliquer et devenir mature pour résoudre les problèmes.

Cela nécessite des capacités d'analyse et de retour d'expérience.

5. Les bonnes pratiques de taille des arbres support.

5.1. La durée de vie des arbres support et le sabre

En agroforesterie, un arbre support est à la fois un investissement et un outil pour l'agriculteur. De ce fait, il nécessite une maintenance régulière, effectuée selon un mode opératoire qui le préserve. La taille et la stratification des systèmes agroforestiers dépendent du but visé et doivent faire l'objet d'une formation sous forme d'ateliers répétés pendant les deux premières années de mise en œuvre des projets. Cette formation englobe les parties à tailler, le moment opportun pour le faire et les outils appropriés à utiliser.

Le principal problème rencontré est la taille au sabre des arbres, une méthode culturellement utilisée lors du débroussaillage des parcelles traditionnelles. L'usage du sabre provoque des fissures sur les branches taillées ; avec les pluies, ces fissures entraînent un pourrissement des branches, compromettant la repousse et favorisant les attaques par des insectes ciblant les arbres en fin de vie. La solution réside dans la formation des agriculteurs à l'utilisation de tronçonneuses, de sécateurs de différentes tailles et de scies égoïnes.

5.2. Le matériel

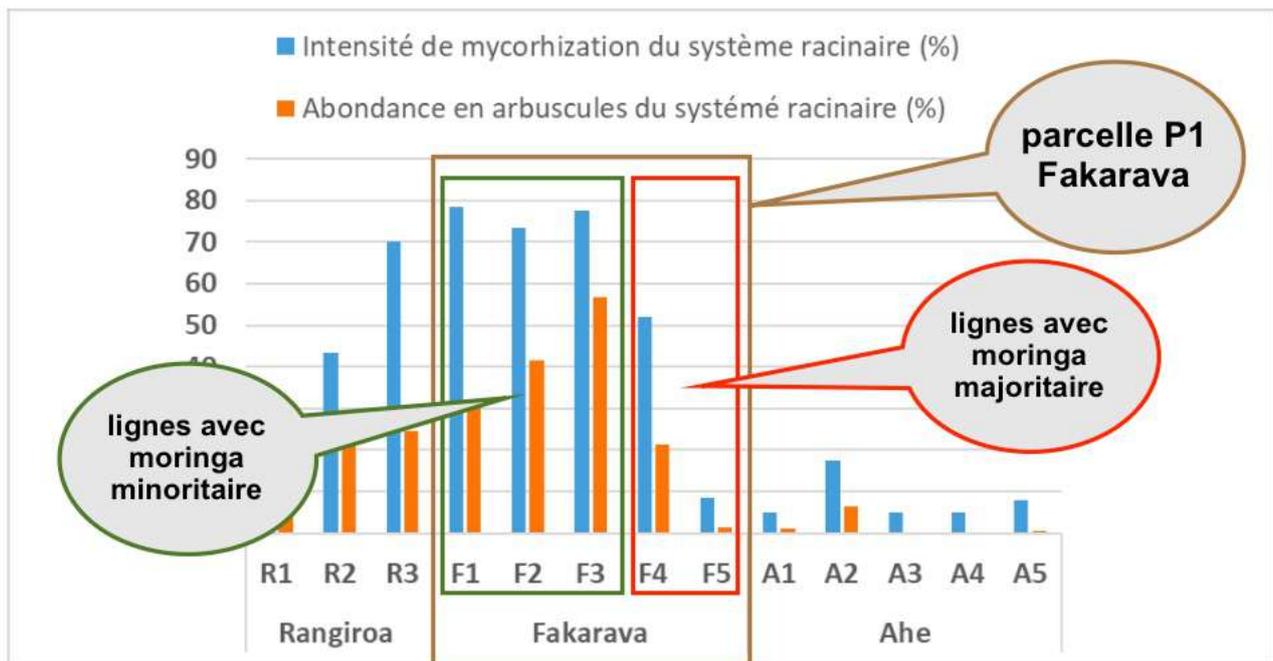
Les outils doivent être adaptés aux pratiques de l'agriculteur et au revenu qui sera généré par la parcelle. Le physique, l'âge et l'équipement de l'agriculteur influencent le design des systèmes agroforestiers. C'est un point à prendre en compte dès le début du projet. Ce matériel doit comprendre au minimum un ou plusieurs des outils suivants, en plus du sabre :

- Petit sécateur manuel
- Gros sécateur manuel pour branches d'un diamètre de 3 à 4 cm
- Une perche télescopique équipée d'un sécateur ou/et d'une scie égoïne
- Élagueuse à perche pour les gros projets

6. Le bilan des espèces forestières et pionnières adaptées aux différents contextes

6.1. Avertissement sur le cas du Moringa

Les expérimentations menées sur les parcelles de la ferme de démonstration en Polynésie, sur l'atoll de Fakarava, dans la ferme de démonstration de Tehei Asine, prouve que le Moringa a un effet allélopathique très fort sur la germination et la croissance des légumes et tubercules. Selon le schéma ci-dessous, représentant la mesure d'échantillons de racines, les moringas ont aussi un effet négatif sur la mycorhization du système agroforestier.



Il est à noter que les lignes d'arbre à forte concentration de Moringa encadrées en rouge présente une mycorhization plus faible par rapport aux lignes encadrées en vert avec le moringa minoritaire.

De même la matière organique de Moringa ne peut être utilisée pour le paillage car elle a aussi un effet allélopathique. Ces résultats sont confirmés par les publications scientifiques suivantes :

- Allelopathic Plants: 27. Moringa species
- Allelopathic effect of Moringa oleifera on the germination of Vigna radiate
- Allelopathy of Moringa. A review

En conclusion nous recommandons de limiter au maximum une densité un moringa tous les 20 mètres dans un système agroforestier et de ne pas utiliser la biomasse du moringa en paillage. La biomasse du moringa doit être destination de nourriture et non pas de paillage.

6.2. Espèces Forestières recommandées et expérimentées

Nous avons choisi, en fonction des retours d'expérience des différentes parcelles Protege sur les trois territoires, la liste des espèces communes permettant d'avoir un rendement en agroforesterie sans subir d'effets négatifs sur la production tant que l'arbre est régulièrement taillé. Ces espèces sont abondantes, faciles à se procurer et à multiplier. Les porteurs de projet peuvent ajouter des essences forestières pour la sylviculture, telles que le poumuli, sans que ces essences représentent plus de 30% du nombre total d'arbres.

Le service pépinière a produit un nombre important de plants, principalement prélevés dans le milieu naturel. La programmation des futures parcelles nécessite de maîtriser la germination des graines en pépinière, moins coûteuse en temps humain et plus sûre au niveau de la qualité de la racine du plant. Nous avons réalisé des scarifications (traitement de la graine nécessaire pour la germination) des graines de KANAVA, TALIE et NONU pour accélérer la germination qui, pour certaines espèces, se compte en années. Une semaine après le traitement, nous pouvons constater la germination des graines.

Procédé de scarification par espèce :

- Pour le NONU : couper le bout pointu de la graine avec une pince à ongles jusqu'à apercevoir une fente qui laissera entrer l'eau en contact avec l'amande.
- Pour le TALIE : enlever une partie molle avec un couteau bien aiguisé par le côté relié à la branche, puis ouvrir la cosse comme on ouvre une huître et sortir l'amande en prenant soin de ne pas la casser.
- Pour le KANAVA : enlever une partie molle avec un couteau bien aiguisé par le côté relié à la branche, puis racler jusqu'à ce que l'on voit des canules marron clair et dures.

Ensuite, réaliser un mélange pour la pépinière avec les proportions 4 / 2 / 1, soit quatre doses de terre naturelle de l'île, deux doses de basalte agrégat 0-8 et une dose de compost. Placer quatre centimètres d'épaisseur de ce mélange dans un bac de germination, placer les graines sur le substrat et placer une épaisseur de paillage fin d'environ un centimètre d'épaisseur sur les graines. Arroser deux à trois fois par jour les bacs de germination. Une fois que les petits plants ont au moins trois à quatre feuilles, transférer les plantules en poche avec le même substrat et mycorhizer les petits plants avec une quantité de substrat équivalente à une balle de ping-pong, soit 1 cm³.

nom de l'espèce en wallisien	nom de l'espèce en futunien	strate foliaire	consortium	fonction	nom scientifique	methode de propagation	ile	engrais vert	mycotrophe	densité paillage	volume paillage	ombrage	contrôle des adventices	production	structure du sol
acacia mangium	acacia mangium	haute	pionnier	HP	acacia mangium	graine en pépinière il faut tremper la graine avec l'eau bouillante puis laisser refroidir 24h, la graine peut être conservée au congélateur si sèche	FUT UNA	x	x	x	x	x	x		x
faux gaïac	faux gaïac	haute	pionnier	HP	acacia auriculiformis	graine en pépinière il faut tremper la graine avec l'eau bouillante puis laisser refroidir 24h, la graine peut être conservée au congélateur si sèche	WAL LIS	x	x	x	x	x	x		x
talie	talie	haute	pionnier	MHP	terminalia catapa	graine en semis direct ou en graine en pépinière	WAL LIS ET FUT UNA		x	x	x	x	x		x

nom de l'espèce en wallisien	nom de l'espèce en futunien	strate foliaire	consortium	fonction	nom scientifique	méthode de propagation	île	engrais vert	mycotrophe	densité paillage	volume paillage	ombrage	contrôle des adventices	production	structure du sol
bananier	bananier	moyenne	forêt secondaire	MS	musa spp	Rejet	WAL LIS ET FUT UNA	x	x	x	x	x		x	
fau <i>note A de bas de page à la fin du tableau</i>	fau	moyenne à haute	pionnier	MP	hibiscus tiliaceus	bouture, pas d'expérience avec les graines	WAL LIS ET FUT UNA			x	x	x	x		x
gliricidia	gliricidia	moyenne à haute	pionnier	MS	gliricidia sepium	graine en pépinière, la graine peut être conservée au congélateur ou bouture en saison humide	WAL LIS ET FUT UNA		x						
Mohokoi	Mosokoi	haute	forêt secondaire	HS	Cananga odorata	graine	WAL LIS ET FUT UNA					x			
Lepo	Laupata	moyenne	pionnier	MP	macaranga harveyana	graine	WAL LIS ET FUT UNA		x		x	x			x

nom de l'espèce en wallisien	nom de l'espèce en futunien	strate foliaire	consortium	fonction	nom scientifique	methode de propagation	ile	engrais vert	mycotrophe	densité paillage	volume paillage	ombrage	contrôle des adventices	production	structure du sol
ricin	ricin	moyenne	forêt secondaire	EV	ricinus communis	dans le champ graine semis directe, récolter les graines en mettant des petits sac autour des graines prêtent à s'ouvrir	WAL LIS ET FUT UNA	x	x						
tournesol mexicain	tournesol mexicain	haute	forêt secondaire	EV	thitonia diversifia	boutures en saison humide, graine en pépinière, la graine à un pouvoir de germination faible	WAL LIS ET FUT UNA	x		x					
sorgho	Sorghum bicolor	haute	forêt secondaire	EV		semis direct	WAL LIS ET FUT UNA								
Vetiver	Vetiver	moyenne	pionnier	BP	Chrysopogon zizanioides	brin	WAL LIS ET FUT UNA	x	x				x		x

nom de l'espèce en wallisien	nom de l'espèce en futunien	strate foliaire	consortium	fonction	nom scientifique	méthode de propagation	île	engrais vert	mycotrophe	densité paillage	volume paillage	ombrage	contrôle des adventices	production	structure du sol
Larmes de job	Larmes de job	basse moyenne	forêt secondaire	EV	Lacryma jobi	graines ou brin	WAL LIS	x		x	x		x		x
kanava	kanava	moyenne basse	pionnier	MP	cordia subcordata	graine avec scarification mécanique de la coque molle	WAL LIS ET FUT UNA			x	x	x	x		x
nonu	nonu	basse à haute	forêt secondaire	BS	morinda citrifolia	scarification de la graine avec une pince à ongle enlever le bout pointu de la coque de chaque graine	WAL LIS ET FUT UNA		x	x	x	x			x
pignon d'inde	fiki	haute	pionnier	HP	jatropha	graines ou boutures	WAL LIS ET FUT UNA								
fa	fa	basse à haute	pionnier	BP	pandanus	graine, jeunes plants prélevés ou rejets	WAL LIS ET FUT UNA		x				x		x
niu	niu	basse	pionnier	BP	coco nucifera	plants germés	WAL LIS ET		x						x

nom de l'espèce en wallisien	nom de l'espèce en futunien	strate foliaire	consortium	fonction	nom scientifique	méthode de propagation	île	engrais vert	mycotrophe	densité paillage	volume paillage	ombrage	contrôle des adventices	production	structure du sol
							FUT UNA								
ipome	ipome	basse	pionnier	MS	ipomea carnea	bouture	WAL LIS	x		x		x			x

Note A : Il faudra tailler le Fa'o avec une gestion rigoureuse et le laisser de préférence en strate moyenne pour éviter son effet allélopathique.

7. Recommandations pour la diffusion de l'agroforesterie dans les pratiques agricoles

1. Créer des pépinières d'arbres support chez des agriculteurs motivés, réaliser un suivi des chiffres de production des pépinières par espèce afin de disposer de toutes les espèces nécessaires en nombre suffisant. Dégager un budget pour affecter ces plants sur des projets d'agriculteurs n'ayant pas de pépinière.
2. Lancer la production et autoriser l'utilisation des mycorhizes à arbuscules de Wallis et Futuna.
3. Diffuser les formations d'autoproduction de mycorhize via le dispositif Agir, appelé bac à Mycorhize.
4. Gérer le problème des nématodes à galle sur les cultures maraîchères avec des rotations en ricin pendant une période de 4 mois après un cycle de tomate, par exemple. Ce cycle se termine par l'incorporation de la biomasse du ricin dans le sol. Ainsi, l'effet de la racine du ricin et de la décomposition de la biomasse de ricin permet de réduire la population de nématodes. La DSA peut aussi autoriser l'importation d'espèces de champignons nematophages identiques à ceux de la Nouvelle-Calédonie, qui s'est basée sur les analyses de risque australiennes, américaines et canadiennes.
5. Subventionner sur Wallis les coûts d'achat et de transport du poussier (basalte). Nous pouvons utiliser la référence la moins chère de la carrière pour l'agriculture.
6. Prendre en charge sur Futuna le transport du poussier (basalte) de la carrière de Tavai jusqu'à chez l'agriculteur.
7. Encourager les organisations qui favorisent les échanges entre les agriculteurs et le soutien d'experts
8. S'appuyer sur les chefs coutumiers de village et la CCIMA pour diffuser l'information auprès de la population.

8. Annexes

1. design ideal wallis 20240122 : ce document contient la liste des arbres supports et des exemples de design de parcelles adaptées aux différentes typologies d'agriculteurs rencontrés lors des missions.
2. design melesete 20240114 : : ce document contient les designs des deux parcelles implantées chez Melesete en janvier 2024 sur Futuna.
3. msansoni preconnisation intrants SAF 20230502
4. Allelopathic Plants: 2 *Moringa* species
5. Allelopathic effect of *Moringa oleifera* on the germination of *Vigna radiate*
6. Allelopathy of *Moringa*. A review
- 7.

2024/01 - RAPPORT MISSION MICKAËL SANSONI - LISTE ESSENCES

nom de l'espèces en wallisien	nom de l'espèces en futunien	strate foliaire	consortium	fonction	nom scientifique	methode de propagation	ile	engrais vert	mycotrophe	densité paillage	volume paillage	ombrage	contrôle des adventices	production	structure du sol
acacia mangium	acacia mangium	haute	pionnier	HP	acacia mangium	graine en pépinière il faut tremper la graine avec l'eau bouillante puis laisser refroidir 24h, la graine peut être conservée au congélateur si sèche	FUTUNA	X	X	X	X	X	X		X
faux gaiac	faux gaiac	haute	pionnier	HP	acacia auriculiformis	graine en pépinière il faut tremper la graine avec l'eau bouillante puis laisser refroidir 24h, la graine peut être conservée au congélateur si sèche	WALLIS	X	X	X	X	X	X		X
talie	talie	haute	pionnier	MHP	terminalia catapa	graine en semis direct ou en graine en pépinière	WALLIS ET FUTUNA		X	X	X	X	X		X
bananier	bananier	moyenne	forêt secondaire	MS	musa spp	rejet	WALLIS ET FUTUNA	X	X	X	X	X		X	
fau	fau	moyenne à haute	pionnier	MP	hibiscus tiliaceus	bouture, pas d'expérience avec les graines	WALLIS ET FUTUNA			X	X	X	X		X
gliricidia	gliricidia	moyenne à haute	pionnier	MS	gliricidia sepium	graine en pépinière, la graine peut être conservée au congélateur ou bouture en saison humide	WALLIS ET FUTUNA		X						
Ylang-Ylang	Ylang-Ylang	haute	forêt secondaire	HS	Cananga odorata	graine	WALLIS ET FUTUNA					X			
Lepo	Lepo	moyenne	pionnier	MP	macaranga harveyana	graine	WALLIS ET FUTUNA		X		X	X			X
ricin	ricin	moyenne	forêt secondaire	EV	ricinus communis	dans le champ graine semis directe, récolter les graines en mettant des petits sac autour des graines prêtent à s'ouvrir	WALLIS ET FUTUNA	X	X						
tournesol mexicain	tournesol mexicain	haute	forêt secondaire	EV	thitonia diversifia	boutures en saison humide, graine en pépinière, la graine à un pouvoir de germination faible	WALLIS ET FUTUNA	X		X					
sorgho	Sorghum bicolor	haute	forêt secondaire	EV		semis direct	WALLIS ET FUTUNA								
Vetiver	Vetiver	moyenne	pionnier	BP	Chrysopogon zizanioides	brin	WALLIS ET FUTUNA	X	X				X		X
Larmes de job	Larmes de job	basse moyenne	forêt secondaire	EV	Lacryma jobi	graines ou brin	WALLIS	X		X	X		X		X
kanava	kanava	moyenne basse	pionnier	MP	cordia subcordata	graine avec scarification mécanique de la coque molle	WALLIS ET FUTUNA			X	X	X	X		X
nonu	nonu	basse à haute	forêt secondaire	BS	morinda citrifolia	scarification de la graine avec une pince à ongle enlever le bout pointu de la coque de chaque graine	WALLIS ET FUTUNA		X	X	X	X			X
pignon d'inde	fiki	haute	pionnier	HP	jatropha	graines ou boutures	WALLIS ET FUTUNA								
fara	fara	basse à haute	pionnier	BP	pandanus	graine, jeunes plants prélevés ou rejets	WALLIS ET FUTUNA		X				X		X
niu	niu	basse	pionnier	BP	coco nucifera	plants germés	WALLIS ET FUTUNA		X						X
ipome	ipome	basse	pionnier	MS	ipomea carnea	bouture	WALLIS	X		X		X			X

FUTUNA - Parcelle agroforestière Melesete - Orientation EST-OUEST

distances	0	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0		2,5	3	3,5		4,0	4,5	5		5,5	6,0	6,5		7	7,5	8,0		8,5	9,0	9,5	10	
0,4	CHEMIN CREUSE																											
0,3	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	FARA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	FARA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	FARA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	
0,7	BILLON DE MARAICHAGE																											
0,4	CHEMIN CREUSE																											
0,3	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	FARA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	FARA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	FARA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	
0,7	BILLON DE MARAICHAGE																											
0,4	CHEMIN CREUSE																											
0,3	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	FARA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	FARA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	FARA	FAO	FARA	GLIRICIDIA	KANAVA	FAO	
0,7	BILLON DE MARAICHAGE																											
0,4	CHEMIN CREUSE																											

FUTUNA - Parcelle agroforestière Melesete - Orientation NORD SUD

distance	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	3,5	4,0	4,5	5	5,5	6,0	6,5	7	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10	10,5	11,0	11,5	12			
0,3	VETIVER	VETIVER	VETIVER	BANANIER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	BANANIER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	BANANIER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	BANANIER	VETIVER	VETIVER	VETIVER			
0,4		FIKI	FIKI	FIKI	FIKI			FIKI	FIKI	FIKI	FIKI			FIKI	FIKI	FIKI	FIKI			FIKI	FIKI	FIKI	FIKI					
	AGRUME	POUTEA	GLIRICIDIA	FUTU	GLIRICIDIA	FIKI	AGRUME	POUTEA	GLIRICIDIA	FUTU	GLIRICIDIA	FIKI	AGRUME	POUTEA	GLIRICIDIA	FUTU	GLIRICIDIA	FIKI	AGRUME	POUTEA	GLIRICIDIA	FUTU	GLIRICIDIA	FIKI	AGRUME			
0,6	BILLON DE MARAICHAGE																											
0,5	CHEMIN CREUSE																											
0,6	BILLON DE MARAICHAGE																											
0,4	GLIRICIDIA	FARA	NIU	FARA	GLIRICIDIA	FARA	NIU	FARA	GLIRICIDIA	FARA	NIU	FARA	GLIRICIDIA	FARA	NIU	FARA	GLIRICIDIA	FARA	NIU	FARA	GLIRICIDIA	FARA	NIU	FARA	GLIRICIDIA			
0,3	VETIVER	VETIVER	VETIVER	BANANIER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	BANANIER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	BANANIER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	VETIVER	BANANIER	VETIVER	VETIVER	VETIVER			
0,3	CHEMIN NIVEAU BILLON																											
1	BILLON DE MARAICHAGE																											
0,4	CHEMIN CREUSE																											
0,5										FIKI			FIKI			FIKI	POUTEA	FIKI	FIKI			FIKI	FIKI	FIKI				
							COCOTIER		AVOCATIER	GLIRICIDIA	POUTEA			GLIRICIDIA		FUTU		GLIRICIDIA			GLIRICIDIA		POUTEA	AVOCATIER	GLIRICIDIA			

2024/01 - RAPPORT MISSION MICKAËL SANSONI - DESIGNS IDEAUX WALLIS ET FUTUNA

PARCELLE 1 MARAICHAGE SIMPLE PLANCHE LARGEUR 0,9

distance	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
0,8	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA
	AVOCATIER	GAIAC	FETAU	KANAVA	NONI	TALIE	KANAVA	FETAU	KANAVA	TALIE	AVOCATIER	GAIAC
	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS
1	MARAICHAGE											
0,7	CHEMIN											
0,8	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE
	GOYAVIER	LEPO	LEPO	BANANIER	LEPO	LEPO	LEPO	BANANIER	LEPO	KANAVA	GOYAVIER	LEPO
	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE
0,7	CHEMIN											
1	MARAICHAGE											
0,8	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA
	CORROSOL	GAIAC	FETAU	KANAVA	NONI	TALIE	KANAVA	FETAU	TAU	TALIE	CORROSOL	GAIAC
	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS

PARCELLE 1 MARAICHAGE DOUBLE PLANCHE LARGEUR 0,55

distance	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
0,7	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA
	AVOCATIER	GAIAC	FETAU	KANAVA	NONI	TALIE	KANAVA	FETAU	TAU	TALIE	AVOCATIER	GAIAC
	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS
0,55	MARAICHAGE											
0,7	CHEMIN											
0,55	MARAICHAGE											
0,7	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE
	GOYAVIER	LEPO	LEPO	BANANIER	LEPO	LEPO	LEPO	BANANIER	LEPO	KANAVA	GOYAVIER	LEPO
	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE
0,55	MARAICHAGE											
0,7	CHEMIN											
0,55	MARAICHAGE											
0,7	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA
	CORROSOL	GAIAC	FETAU	KANAVA	NONI	TALIE	KANAVA	FETAU	TAU	TALIE	CORROSOL	GAIAC
	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS

PARCELLE 1 MARAICHAGE DOUBLE PLANCHE LARGEUR 0,9

distance	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
0,8	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA
	AVOCATIER	GAIAC	FETAU	KANAVA	NONI	TALIE	KANAVA	FETAU	TAU	TALIE	AVOCATIER	GAIAC
	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS
0,8	MARAICHAGE											
0,7	CHEMIN											
0,8	MARAICHAGE											
0,8	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE
	GOYAVIER	LEPO	LEPO	BANANIER	LEPO	LEPO	LEPO	BANANIER	LEPO	KANAVA	GOYAVIER	LEPO
	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE	GRAMINE
0,8	MARAICHAGE											
0,7	CHEMIN											
0,8	MARAICHAGE											
0,8	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA
	CORROSOL	GAIAC	FETAU	KANAVA	NONI	TALIE	KANAVA	FETAU	TAU	TALIE	CORROSOL	GAIAC
	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS

PARCELLE 1 MARAICHAGE DOUBLE PLANCHE LARGEUR 0,9

distance	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
1	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA
	AVOCATIER	GAIAC	FETAU	KANAVA	NONI	TALIE	KANAVA	FETAU	TAU	TALIE	AVOCATIER	GAIAC
	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS
1,2	MARAICHAGE											
1,5	CHEMIN											
1,2	MARAICHAGE											
1	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA	IPOMEA
	CORROSOL	GAIAC	FETAU	KANAVA	NONI	TALIE	KANAVA	FETAU	TAU	TALIE	CORROSOL	GAIAC
	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS	LEPO	PANDANUS

2024/01 - RAPPORT MISSION MICKAËL SANSONI - DESIGNS IDEAUX WALLIS ET FUTUNA - SPECIFIQUE TOAFA

CONSORTIUM PIONNIER POUR REVEGETALISATION DU TOAFA + MARAICHAGE

distance	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
1		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA
	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU
	FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA	
1	MARAICHAGE											
0,5	CHEMIN											
1		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA
	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU
	FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA	
0,5	CHEMIN											
1	MARAICHAGE											
1		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA
	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU
	FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA	

0
0,45



CONSORTIUM PIONNIER POUR REVEGETALISATION DU TOAFA

distance	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
1		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA
	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU
	FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA	
4	VEGETATION NATURELLE											
1		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA
	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU	faux gaïac	TALIE	LEPO	FETAU
	FARA		FARA		FARA		FARA		FARA		FARA	

0
0,45



Allelopathic effect of *Moringa oleifera* on the germination of *Vigna radiate*

Md. Moktar Hossain, Giashuddin Miah, Tofayel Ahamed, Noor Shaila Sarmin

Department of Agroforestry and Environment, Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University, Gazipur-1706. Bangladesh

*Corresponding Author E-mail: mmoktar58@yahoo.com

Abstract: The objectives of the study were to examine the allelopathic effect of different concentrations of leaf, root, bark, fruit kernel and seed aqueous extracts of *Moringa oleifera* on the germination of *Vigna radiata* cv. BU Mung 4 In germination test of mungbean at laboratory, five sets of experiment each for leaf, root, bark, fruit kernel and seed aqueous extracts were conducted simultaneously. There were six treatments having different concentrations of extracts (2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 and 15.0%) of these plant parts and one control treatment (distilled water). Growth and yield performances experiment were conducted with root extract only having four different concentrations (2.5, 5.0, 7.5 and 10.0%) and one control treatment. Both laboratory and field (pot) experiments were conducted in Completely Randomized Design (CRD) with four replications. The control treatment was only distilled water. The result showed that the rate of germination of *V. radiata* decreased with the increase of aqueous extract concentration, irrespective of plant parts. The rate of germination was found to suffer more when treated with 10.0, 12.5 and 15.0% extracts. Among the plant parts root and bark aqueous extract were found to inhibit mungbean germination more than the other plant parts used. The inhibitory effect of leaf, fruit kernel and seed aqueous extracts were almost similar, while those were relatively less than bark and root extracts. The effects of light and dark conditions on the rate of germination were not distinct. Therefore, the study revealed that allelochemicals released from different plant parts of *M. oleifera* impeded the rate of germination in laboratory condition.

Key words: Allelochemicals, Interspecific interaction, *Moringa oleifera*, Seed germination

INTRODUCTION

Plants are known to synthesize allelochemicals that affect germination, growth, metabolism, development, distribution, behavior, and reproduction of other organisms (Narwal *et al.*, 1997). Allelopathic compounds play important roles in the determination of plant diversity, dominance, succession, and climax of natural vegetation and in the plant productivity of agroecosystems. Allelopathy also may be one of several attributes which enable a plant to establish in a new ecosystem. This type of interaction was named phytochemical ecology/ecological biochemistry by Harborne (1977). In general, leaves are the most potent source of allelochemicals, however, the toxic metabolites are also distributed in all other plant parts in various concentrations. The presence of these allelochemicals often imparts plant resistance to pathogens, insects, nematodes, and reduces infestation of weeds (Copping 1996). Most of the agroforestry species produce a good amount of leaf, litter and debris that are rich in allelochemical content. Agroforestry researchers had not paid due attention on allelopathic properties of agroforestry species. Puri and Bangawa (1992) have found that neem has no effect on the yield of wheat (*Triticum aestivum*) if grown 5 m apart from the main stem. Some studies suggest a direct role of neem allelochemicals on crop plants. Melkania (1984) found inhibition of germination of seeds of barnyard grass (*Echinochloa crusgalli*), buckwheat (*Fagopyrum sagittatum*), soybean (*Glycine max*), and turnip (*Brassica napa*) by leachates of leaf, wood,

and leaf litter. Maize (*Zea mays*), mustard (*Brassica campestris*), pea (*Pisum sativum*), and wheat germination was also inhibited by litter extract (Joshi and Prakash, 1992). However, detailed information about the allelopathic effects of agroforestry species (tree species) on other components (annual plants) is limited. Such information would prove useful to identify 'allelopathically compatible' agroforestry species (having either beneficial or at least no adverse effect on companion crop) or 'incompatible' ones with inhibitory effects. This kind of knowledge would greatly facilitate formulation of agroforestry systems with higher yields by avoiding harmful allelopathic interactions and through exploitation of beneficial effects of particular agroforestry species.

Moringa oleifera (Drumstick) is an important vegetable in Bangladesh, and it has high medicinal values. Its annual production is comparatively higher than many other secondary vegetables. Its production cost is low or minimum and can be grown with minimum care and fertilization. Most of the plants are grown beside the roads, ponds, canals, or ails (boundaries) of the agriculture crop fields and homesteads. Although *M. oleifera* is not cultivated commercially in large scale, but its level of demand as nutritive vegetable is high. Leaves, flowers and unripe fruits are used as vegetables, while roots and barks are used as medicine. Therefore, there is an ample scope to expand *M. oleifera* cultivation through agroforestry practices. In recent years, the allelopathic effects of *M. oleifera* have widely been studied (Fuglie 2000; Phiri and Mbewe 2009; Phiri 2010).

Mungbean, *Vigna radiata* (L) Wilczek, is one of the important pulse crops in agroforestry system because of its short duration, protein riched and nitrogen fixing character. The main characteristics of mungbean i.e reducing fertilizer needs, improving soil structure and providing plant protein are particularly important for developing countries where agricultural production is often limited due to the lack of supply of N fertilizer to the agricultural field. Due to the higher nutritive and economic value both the *M. oleifera* and mungbean in Bangladesh perspective may be grown in the same field in agroforestry system but there might have some questions whether *M. oleifera* may cause the yield deduction of mungbean because of its allelopathic effect?

However, the allelopathic effect of *M. oleifera* should be tested before its commercial cultivation with other crop including mungbean. With this view in mind the present study was conducted to examine the effect of different concentrations of extracts of different parts of *M. oleifera* i.e.; leaf, bark, seed, fruit kernel and root of *M. oleifera* on germination of mungbean as well as the effect of the root extracts on germination, growth and yield of mungbean in pot condition. Considering the above facts and observation, the present study was undertaken to study the effect of leaf, root, bark, fruit kernel and seed aqueous extract of different concentrations of *M. oleifera* on the germination of *V. radiata*.

MATERIALS AND METHODS

The experiment comprised of five individual experiments using root, bark, seed kernel, fruit and leaf extracts of *M. oleifera* with different concentrations to examine the germination performance of *V. radiata*. The five experiments were conducted simultaneously in the similar situation. Preparation of aqueous extracts of different plant parts of *M. oleifera* and sterilization of mungbean seeds were also done in the same laboratory. The root extract was taken as the treatment for field experimentation based on the magnitude of the allelopathic effects on germination of mungbean among the five plant parts of *M. oleifera*. Leaves, barks, fruit kernels, seeds and roots of *M. oleifera* and *V. radiata* were used as experimental materials. Leaves, barks, fruit kernels, seeds and roots of *M. oleifera* were collected and were sun dried on a threshing floor for seven days. The dried plant parts were then ground to make powder using an electrical grinder.

Five different parts of *M. oleifera* such as leaf, bark, fruit kernel, root and seed were used to make the aqueous extracts. Aqueous extracts were prepared mixing dried and ground plant parts and distilled water. Glass beakers were sterilized, and then 25, 50, 75, 100, 125 and 150 g powder of respective plant parts were placed and then distilled water was added up to 1 liter mark to make 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 and 15.0% extracts, respectively. To ensure good mixing, all mixtures (powder + water) were shaken for about five hours. After that, filtration was done using Buchner funnel containing 3 layers of Whatman filter paper 2. The extracts with different concentrations were poured in Conical Flasks and covered by Aluminum Foil. The prepared aqueous extracts were then stored in a cool place (4°C) for further use.

The experiments were laid out in a Completely Randomized Design (CRD) with four replications. There were 7 treatments in the experiment which composed of six concentrations i.e; 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 and 15.0% for each plant part and one control (distilled water).

Sterilized petri dishes (150mm × 20 mm) were used for seed germination test. Seeds of *V. radiata* were treated with vitavax and then 20 seeds were placed in each petridish for germination. Before putting the seeds in petridish, two layers sterilized filter papers (Whatman No. 2) were placed inside the petridishes and then 10 ml extracts of each concentration (2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% and 15%) of leaf, bark, root, fruit kernel and seed of

M. oleifera were added in each petridish. In case of 0% concentration, 10 ml distilled water was added. Germination test was done in normal room light condition and dark condition. In the normal room light condition, petridishes were covered with lids and kept on the table. In case of the other set, the petridishes were covered with lids and then a black cloth was placed over the petridishes to maintain dark condition. The number of seeds germinated was counted at 3rd, 5th and 7th day after germination initiation. During the germination test, the average room temperature in the laboratory varied between 22^o C and 26^o C. The data on various parameters recorded were statistically analyzed through partitioning the total variance with the help of computer MSTAT-C programme. Analysis of variance was done according to Gomez and Gomez (1984). The means were compared by using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of leaf aqueous extract

In general, the rate of germination decreased with the increase of leaf aqueous extract concentrations at each observation date. The rate of germination observed at 3rd day was considerably lower than 5th and 7th days but the rates were almost similar between 5th and 7th days after initiation of germination (Fig. 1). On 3rd day after initiation of germination, the rate did not vary between control and 2.5% extract. The rates observed in 5.0, 7.5 and 10.0% leaf extracts did not vary among them but these values were significantly lower than that of control and 2.5% leaf extract values, while these values were significantly higher than 12.5 and 15.0% extracts. The rates of germination observed in 12.5 and 15.0% extracts were identical but significantly lower than other treatments. The rate of germination observed in 5th and 7th days did not vary from control to 10.0% concentrations and significantly the lowest germination rate was observed in 15.0% extract but it was identical with 12.5% aqueous extract (Fig. 1). Figure 2 shows the effect of different concentrations of *M. oleifera* leaf aqueous extracts on the germination of *V. radiata* at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in dark condition. Like light condition, the rate of germination observed in dark condition also decreased with the increase of *M. oleifera* leaf aqueous extract concentrations at all observation dates (Fig. 2). The trend of germination observed in dark condition was almost similar to light condition but the rate of germination in dark condition was slightly lower than dark condition. At 3rd day after initiation of germination, the rates observed in 0 and 2.5% aqueous extracts were identical. The lowest rate of germination was observed in 10.0, 12.5 and 15.0% extracts. The rates of germination observed in 5 and 7.5% concentrations were significantly lower than control and 2.5% concentration, but higher than that of 10.0, 12.5 and 15.0% concentrations. Almost similar trend of variation was observed in 5th and 7th days after initiation of germination. However, the rate of germination observed at 3rd day was considerably lower than that at 5th and 7th days.

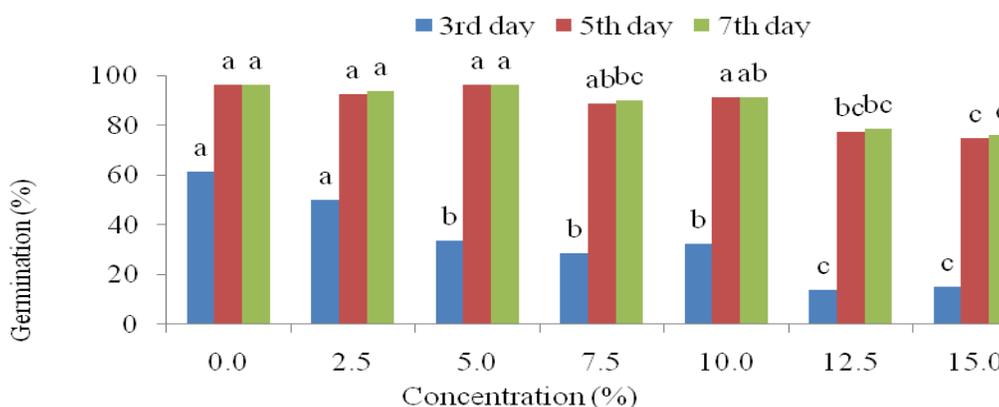


Figure 1. Effect of different concentrations of *M. oleifera* leaf aqueous extract on the germination of BU Mung 4 at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in light condition.

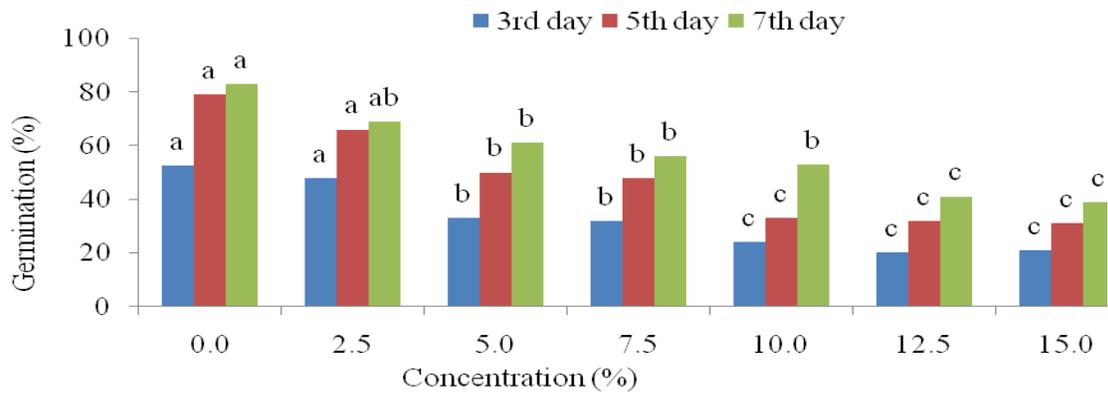


Figure 2. Effect of different concentrations of *M. oleifera* leaf aqueous extract on the germination of BU Mung 4 at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in dark condition.

Effect of root aqueous extract

In light condition, different concentration of root aqueous extracts reduced the rate of germination of *V. radiata*. The higher the concentration of root aqueous extract, the lower was the rate of germination. At 3rd day after initiation, the rate of germination observed in control, 5.0 and 7.5% aqueous extracts were identical and significantly higher over other treatments (Fig. 3). Higher root aqueous extract (15.0%) gave the lowest rate of germination (16.25). Like 3rd day, the rates of germination observed in 5th and 7th days were almost similar. Figure 4 shows the effect of different concentrations of *M. oleifera* root aqueous extracts on the germination of *V. radiata* in dark condition. In general, the germination percentage of *V. radiata* decreased gradually with the increase in root aqueous extract concentrations (Fig. 4). At 3rd day, the highest rate of germination was observed in control, which was identical with 5% aqueous extract. Significantly the lowest rate of germination was observed in 15% root extract. Germination rate was identical in other treatments but the values were significantly lower than control and 5% extract, while it was higher than 15% extract. The number of seeds germinated on 7th day was slightly higher than 5th day but they followed similar trend as observed on 3rd day.

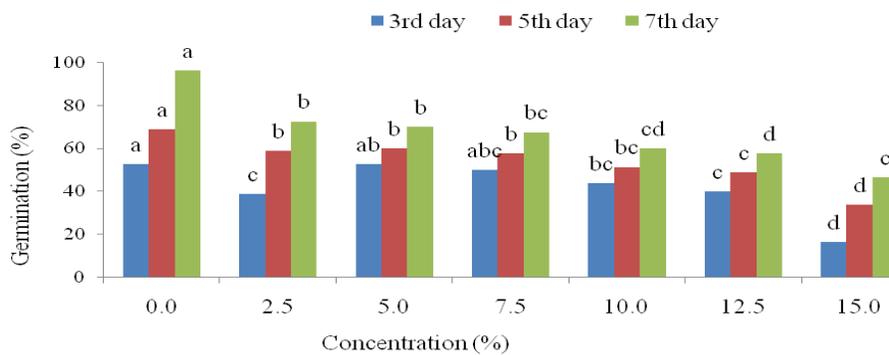


Figure 3. Effect of different concentrations of *M. oleifera* root aqueous extract on the germination of BU Mungbean 4 at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in light condition.

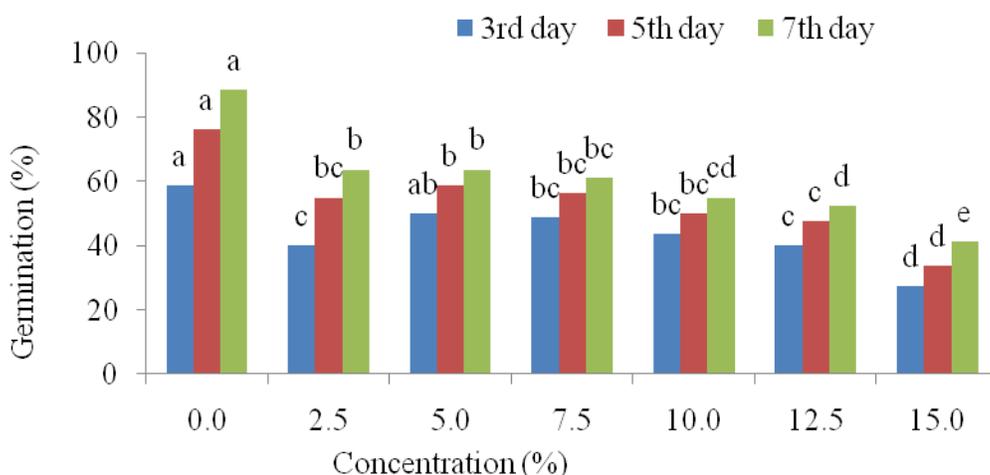


Figure 4. Effect of different concentrations of *M. oleifera* root extract on the germination of BU Mung 4 at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in dark condition.

Effect of bark aqueous extract

On 5th and 7th days after initiation of germination, germination rates were the highest at 5.0 and 10.0% bark aqueous extracts, respectively but the values were identical to control, 2.5 and 7.5% aqueous extracts. Significantly the lowest rates of germination were observed in 12.5 and 15.0% aqueous extracts but the values were also identical to control, 2.5 and 7.5% bark aqueous extracts. On 3rd day, rate of germination was similar from control to 7.5% concentration and the lowest rate was observed in 15.0% concentration. Figure 6 shows the effect of different concentrations of *M. oleifera* bark aqueous extracts on the germination of *V. radiata* at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in dark condition. The rates of germination observed at 3rd day were slightly lower than 5th and 7th day but the rates did not vary from control to 10% concentrations (Fig. 6). On the other hand, the lowest rate of germination was observed in 15.0% bark extract which was statistically similar with 12.5% bark extract. Exactly the similar trend was observed in 5th and 7th days.

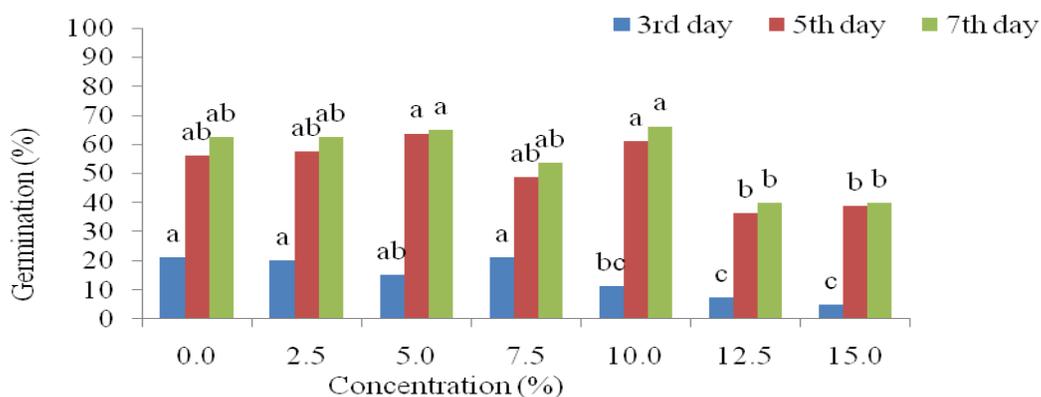


Figure 5. Effect of different concentrations of aqueous extracts of *M. oleifera* bark on the germination of BU Mung 4 at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in light condition.

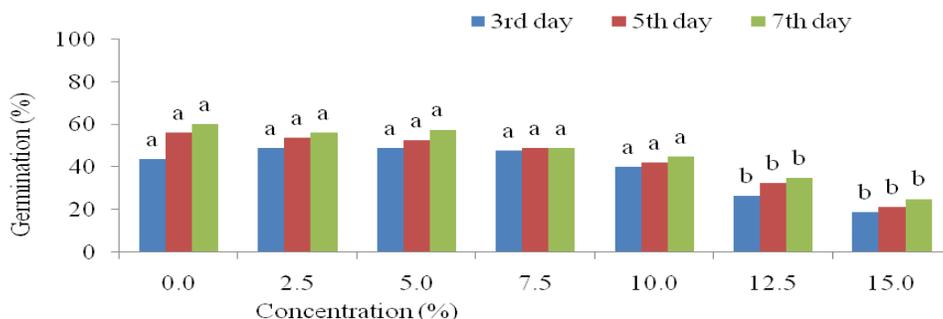


Figure 6. Effect of different concentrations of *M. oleifera* bark extract on the germination of BU Mung 4 at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in dark condition.

Effect of fruit kernel extract

Fruit kernel aqueous extracts did not affect the rate of germination as observed in bark extract where only 10% concentration showed inferior rate of germination over other treatments in 3rd day. At 7th day, 2.5, 7.5, and 12.5% aqueous extracts gave lower rates of germination compared to other treatments (Fig. 7). However, the rates of germination did not vary among the concentrations at 5th day after initiation of germination. Figure 8 shows the effect of different concentrations of *M. oleifera* fruit kernel aqueous extracts on the germination *V. radiata* at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in dark condition. The effect of different concentrations of fruit kernel aqueous extract on mungbean germination was significant but variable. At 3rd day after initiation of germination, the rate of germination found in 2.5, 10.0 and 15.0% extracts were lower than other treatments. At 5th day after initiation of germination also followed the similar trend. But at 7th day after initiation of germination, 10.0% aqueous extract gave the lowest rate of germination compared to the other treatments and other treatments gave identical rates of germination.

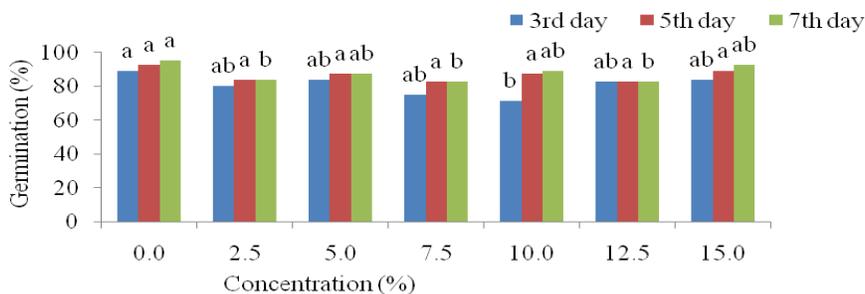


Figure 7. Effect of different concentrations of *M. oleifera* fruit kernel aqueous extract the germination of mungbean at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in light condition.

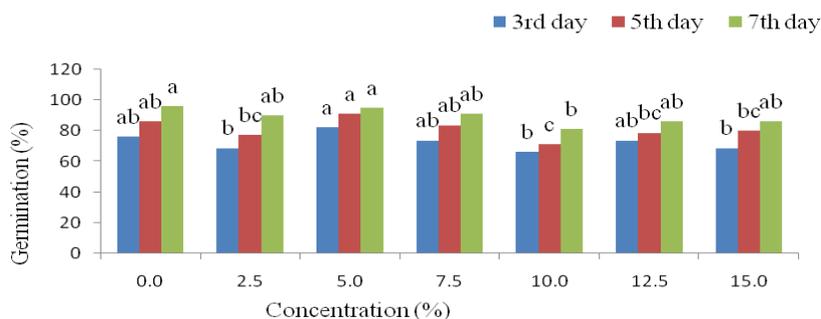


Figure 8. Effect of different concentrations of *M. oleifera* fruit kernel aqueous extract on the germination of BU Mung 4 at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in dark condition.

Effect of seed aqueous extract

Different concentrations of *M. oleifera* seed aqueous extract had no significant effect on mungbean seed germination at 3rd and 7th days after initiation of germination (Fig. 9). In case of 5th day, the result was a bit variable where the highest rate was observed in 2.5%, which was identical with 5.0, 7.5, 10.0 and 12.5% seed aqueous extracts. Control and 15% seed aqueous extract gave the lowest rates, which were identical with 5.0, 7.5, 10.0 and 12.5% concentrations. Figure 10 shows the effect of different concentrations of *M. oleifera* seed aqueous extracts on the germination of *V. radiata* at 3rd, 5th, and 7th days after initiation of germination in dark condition. Different concentrations of seed aqueous extract had little effect on germination of mungbean seed where 10.0, 12.5 and 15.0% aqueous extracts produced lower rates of germination as compared to other concentrations on 3rd and 12.5 and 15% concentrations on 5th day. But on 7th day only 12.5% concentration gave the lowest rate of germination compared to other concentrations.

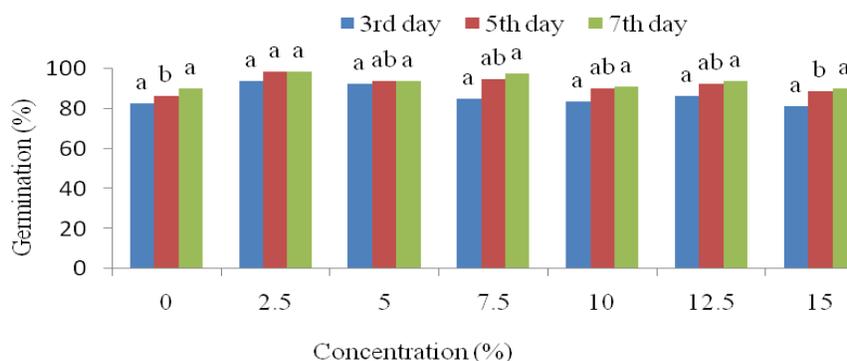


Figure 9. Effect of different concentrations of *M. oleifera* seed aqueous extract on the germination of mungbean at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in light condition.

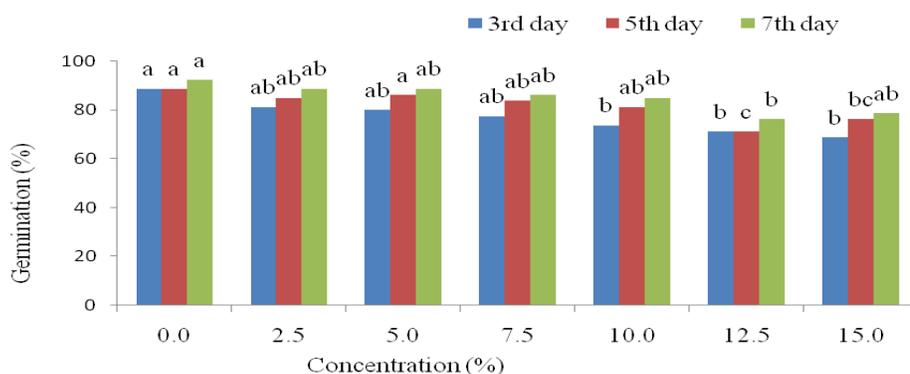


Figure 10. Effect of different concentrations of *M. oleifera* seed aqueous extract on the germination of BU Mung 4 at 3rd, 5th and 7th days after initiation of germination in dark condition.

Allelopathy in agricultural practices has become more important with the main objectives of using this phenomenon in biological control of weeds (Rice, 1984). As a possible approach, this fact shall be further evaluated and utilized for screening allelopathic plant species (Kebede, 1994; Leather, 1982). The results of this study showed that *M. oleifera* leaf extracts contained substances with inhibitory effect (Sanker and Rai, 1993; Zakaria and Razak, 1990) which could have lowered germination percentage of *V. radiata*. However, the inhibitory substances were not isolated in this study. The differences in the germination percentage of crops could be attributed to differences in the selective permeability of the seed coat to inhibitory substances (Zakaria and Razak, 1990) and inhibitory growth substances in some crops which could have lowered germination percentage of rice (Wicks, et al., 1994).

CONCLUSION

The study revealed that extract of different plant parts of *M. oleifera* affected the rate of germination of *V. radiata* in laboratory condition. The degrees of inhibitory effects of different plant parts on germination were different. Among the five plant parts of *M. oleifera*, inhibitory effects of bark and root extracts were relatively more on the rate of *V. radiata* germination than the other plant parts. Inhibitory effect of leaf, fruit kernel and seed extracts were almost similar. *V. radiata* germination suffered more in higher concentration (10.0, 12.5 and 15.0%) of different plant parts of *M. oleifera* than lower concentration (2.5, 5.0 and 7.5%). The findings of the study indicate that any plant part whether leaf, root, bark, fruit kernel or fruit of *M. oleifera* irrespective of concentrations has inhibitory effect on the rate of germination of *V. radiata* in laboratory condition, though degree of inhibitory effects among the five plant parts was different.

REFERENCES

- Copping LG. 1996. Crop protection agents from nature: natural products and analogues, The Royal Society of Chemistry, Cambridge .
- Fuglie LJ. 2000. The Miracle Tree: *Moringa oleifera*: Natural Nutrition for the Tropics. The miracle tree: the multiple attributes of *Moringa*, pp 172
- Harborne JB. 1977. Introduction to Ecological Biochemistry. Academic Press, New York.
- Joshi PC, Prakash O. 1992. Allelopathic effects of litter extracts of some tree species on germination and seedling growth of agricultural crops. In: Proc. First Natl. Symp. on Allelopathy in Agroecosystems Agriculture and Forestry. pp. 127–128 .
- Kebede Z. 1994. Allelopathic Chemicals: Their Potential uses for Weed Control in Agroecosystems. Dept. Plant Pathology and Weed Science, Colorado State University, Fort Collins, CO., USA.
- Leather GR. 1982. Sunflowers are allelopathic to weeds. *Weed Sci* 31: 37-42..
- Melkania NP. 1984. Influence of leaf leachates of certain woody species on agricultural crops. *Indian J Ecol* 11: 82–86 .
- Narwal SS, Tauro P, Bsla SS (eds). 1997. Neem in Sustainable Agriculture. Scientific Publishers, India.
- Phiri C, Mbewe DN. 2009. Influence of *Moringa oleifera* leaf extracts on germination and seedling survival of three common legumes. *Int J Agric Biol* 12: 315–317.
- Phiri C. 2010. Influence of *Moringa oleifera* leaf extracts on germination and early seedling development of major cereals. *Agric Biol J N Am* 1: 774-777.
- Puri S, Bangawa KS. 1992. Effect of trees on the yield of irrigated wheat crop in semi-arid regions. *Agrofor Syst* 20: 229-241
- Rice EL. 1984. Allelopathy. 2nd Edn., Academic Press, Orlando, Florida, USA.
- Sanker KB, Rai RSV. 1993. Allelopathic effects of a few tropical hardwoods on olericultural crops. *Indian J For* 16: 246-249.
- Wicks GA, Crutchfield DA, Burnside OC. 1994. Influence of wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch and metolachlor on corn (*Zea mays*) growth and yield. *Weed Sci* 42: 141-147.
- Zakaria W, Razak AR. 1990. Effects of groundnut plant residues on germination and radicle elongation of four crop species. *Pertanika* 13: 297-302.

Allelopathy of Moringa. A review

Muhammad Aamir Iqbal¹, Muhammad Hussain¹, Muahmmad Waheed Ur Rehman¹, Mubasher Ali^{*2}, Muhammad Rizwan² and Muhammad Irfan fareed²

1. Department of Agronomy, University of Agriculture, Faisalabad-38040, Pakistan

2. Department of Plant Pathology, University of Agriculture, Faisalabad-38040, Pakistan

*Corresponding author email: mubasherali59@gmail.com

Key words	ABSTRACT
<i>Allelopathy</i>	<p>The physical and chemical processes vital for growth and development of plants are frequently modified by chemicals released from neighboring plants. It is assumed that dominance of a certain crop plants in a field may be due to their strong allelopathic potential. Allelopathic crop water extracts combinations with lower rate of herbicides provide desired levels of weed control and in this way reduce herbicide usage. They can enhance the growth of plants when used in small concentrations. In achieving the potential yield, plant growth regulators PGRs play a vital role in modern agriculture. Plant growth regulators are the substances that influence the physiological processes and plant activity at low concentrations. PGRs are the compounds, natural or synthetic that are applied exogenously to a target plant to alter its life process or its structure to improve the quality and in order to enhance the yield of the crops. Thus plant growth regulators are organic substances which in low concentration promote, inhibit or modify growth and development, whereas growth inhibitors are organic compounds that retard growth generally. Hence, all the hormones are plant growth substances i.e. natural plant products but opposite are not true.</p> <p>© 2013 PSCI Publisher All rights reserved.</p>
<i>Moringa</i>	
<i>Zeatin</i>	
<i>PGR</i>	

Introduction

Water is lifeline for all processes that are carried out in plants and even a slight deficiency results in yield losses and economically jeopardize the farmer's investment. Various researches have demonstrated the fact even foliar application of water even in small amounts yields better results. Ozawa et al. (2006) conducted research to analyze the effects of mild and short dry spells on crop production. Foliar sprays were applied on the tomato, potato, cabbage, melon and papaya. It was found in the end that foliar water spray at 03:00 pm daily for nine days accelerated root growth in tomato, however, spraying at 9:00 pm and 12:00 pm did not significantly affected the yield. On the other hand foliar water spray in the late evening also accelerated papaya and sweet potato root growth but decelerated cabbage and melon root growth more and importance of foliar application of water came into light as a cheapest tool to increase the yield by supplementing water as a foliar spray for plant use. Another study in which Filipov et al. (1993) conducted field trials with foliar dressing using macro-and microelements along with water. It was found that on soils of strong water deficiency and low atmospheric moisture, the spray dressings on wheat did not increase the grain yield and protein content of wheat and proved to be useless but under conditions of high relative air humidity, fall of dew and adequate soil moisture, spraying of water as foliar spray was of positive effect. Under conditions of drought, wheat had no response to foliar application of microelements despite the fact that concentration of Fe, Mn, Cu, Zn and Co in soil was very low. This study indicated the fact that without adequate water availability, other nutrients failed to produce desired results, but in case of higher moisture contents and humidity all micronutrients yielded good response in a variety of crops.

Moringa Leaf Juice Allelopathy

Along with other plant requirements such as water macro and micro nutrients there are certain plant growth regulators and hormones that have the ability to increase the yield by influencing the plant internal processes. This fact was demonstrated in a detailed research in which Price (1985) reported that Juice from fresh Moringa leaves were used to produce a good and effective plant growth hormone, and reported that this hormone increased yields by 25-30% in a variety of crops including maize, onions, soya, sorghum, coffee and melon. It was later discovered that it was actually zeatin that is a natural plant

hormone and belongs to the cytokinin group, involved in increasing the yield of crops. It was suggested that zeatin foliar spray should be applied along with other fertilizers, making it clear that this hormone cannot serve in place of fertilizers but if applied along with other fertilizers produce better results. With this experiment, importance of moringa leaf juice as a natural plant growth promoter came into light. Same were the results presented by Fuglie (2000) that leaf extracts of *M. oleifera* accelerated growth of young plants, strengthened plants as a whole, improved plants resistance to pests and diseases, increased leaf area duration, increased number of roots, produced more and larger fruits and generally increased yield by 20 to 35%. He conducted field trials and applied the moringa leaf juice as a foliar spray and found that all the growth parameters were positively influenced by the spray and in the end it was observed that total yield was increased by 20%-35%.

This natural plant hormone has the potential to increase the yield of number of agronomic crops even when applied in small concentration. This fact was revealed by Foidle (2001) who reported that when foliar spray was applied on the leaves of plants with the Moringa leaf extract that was prepared in 80% ethanol and then was diluted with water almost ten times produced some notable effects. It was reported in the end that this foliar spray of moringa water extracts enhanced the yield significantly despite the fact that it was applied in very minute amounts. This research indicated that moringa leaf juice contain substances that promoted the vegetative growth and grain yield of many crops.

Seed and soil born diseases especially of fungal origin reduce the yield of crops and in some cases result in the complete destruction and failure of crops. Moringa leaf juice increased the yield of crops but Akinbode et al. (2008) even went a step ahead and explored the antifungal characteristics of moringa leaf juice. They applied in their research, moringa leaf extracts along with other plant extracts on seeds of cowpea and found that Moringa leaf extracts inhibited the attack of seed born fungal pathogens more significantly as compared to other plant water extracts. In this way antifungal characteristics of moringa leaf extracts came into light and open new horizons for moringa leaf juice use as an antifungal agent. After the determination of growth promoting properties of moringa leaf juice, next step was to determine the optimum concentration of moringa leaf juice. With this vision, Phiri (2010) applied Moringa oleifera leaf extracts in the ratio of 1:10 (w/v) on seeds of maize, rice, sorghum and wheat in a growth room at 25°C for 14 days and found that it not only increased the length of radical but also increased hypocotyl length of maize and wheat. It was reported that this hormone application as a seed treatment not only improved the vegetative growth but also enhanced the grain yield even applied in very small amounts as a seed treatment. To verify the results of zeatin, Phiri (2010) conducted another series of experiments in which Moringa (*Moringa oleifera*) leaf extracts were applied on seeds of three legumes including beans, groundnut and cowpea and found that extract obtained from Moringa when applied in small concentration reduced time of germination. It was reported in the end that this moringa juice extracts also increased the length of hypocotyle of groundnut.

Zeatin

Zeatin obtained from moringa leaf juice is effective and yields positive results in a variety of crops. Makkar (1996) found that the juice from fresh Moringa leaves can be used to produce an effective plant growth hormone, increasing yields by 25%-30% for a number of crops such as soya, maize and coffee. Field trials were conducted on a number of agronomic crops and were sprayed with the juice extracted from the leaves of moringa. In the end it was found that moringa leaf juice increased the yield of the all the crops tested, by 25%-30%. After becoming aware of zeatin growth promoting character, scientists diverted their attention towards mineral composition of moringa leaves in order to discover that either any other type of hormone is promoting the growth of plants along with zeatin. Anjorin et al. (2010) studied the mineral composition of the lamina, petiole, seed pod and seed kernel oil of *Moringa oleifera* L. from two regions, Sheda and Kuje, Abuja, Nigeria in order to investigate the types of minerals and their composition. The results indicated that Ca, Mg, Fe and Cu in *M. oleifera* leaves, pods and seeds from Sheda were relatively higher than that from Kuje. Relatively high contents of calcium and iron were found in the lamina and seed shell of the plant respectively from both regions. The Mg content in the seed kernel oil of moringa from Sheda was significantly lower. It was also discovered that phosphorous was less than or equal to 0.05. The iron content in the seed shell from Sheda was 0.2436 mg g⁻¹ more than those from Kuje. It was found that toxic element such as Pb was absent in the leaves, pods and seeds of moringa from both locations. This study confirmed presence of various macro as well micro elements and also proved the fact that there are variations in macro and trace minerals in moringa leaves, pods and seeds from different locations.

Ella et al. (1991) carried out a research to determine the effects of preculture in abscisic acid and exogenously zeatin was applied and their affects were studied regeneration of the plant from calli of rice. It was found that abscisic acid increased regeneration in the medium that was zeatin-free. The importance of zeatin lies in the fact that deficiency of zeatin, sets in the senescence. The deficiency was produced because of more zeatin transportation toward the roots. This fact was further verified by Ambler et al. (1992), who did a novel study by testing the xylem sap from decapitated vegetative and mature plants of nonsenescent and senescent sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and analyzed them in order to check the concentration of cytokinins so as to determine whether the delayed leaf senescence of nonsenescent sorghums was linked to transport of greater quantities of cytokinins towards the roots. For field-grown plants, the amount of zeatin riboside (ZR) in xylem sap per gram

shoot dry weight was 1.51 times higher for the nonsenescent sorghum as compared to senescent plants. He made conclusion that higher concentration of zeatin was moved to roots that caused senescence.

Jee et al. (1989) carried out experiments to optimize the composition of plant growth regulators which affected protoplast cultures and plant regeneration vigor of the mesophyll protoplasts in the Brassica oleracea L. Numerous plant growth regulators were applied and in the end it was revealed that zeatin in the amount of 4mg/L produced the best results by increasing the growth of plants grown in medium. Another characteristic of zeatin for enabling the plants to withstand the periods of high temperature with more vigor and efficiency was revealed by Cheikh et al. (1994), who studied the maize kernel distortion which was the result of high temperature. They studied the effect of high temperature on seed kernel distortion while keeping a control treatment and in the end it was revealed that temperature stressed maize kernels have a higher concentration of zeatin than those of grown at normal temperature. Thus they revealed the fact that shifts in hormone balance of kernels is one mechanism by which plants manage the high temperature by producing more zeatin.

Lee et al. (1988) conducted experiment to determine the effect of various cytokinins on the growth and development of callus of sesame. Results showed that cytokinins at high concentration inhibited the root development of sesame but enhanced the green part formation even at higher concentration. Zeatin was the most effective among cytokinins that were tested, but shoot was not formed from the callus on any regeneration. Al-Hussein et al. (2006) applied zeatin in very small concentration on plants in medium along with one treatment of incubator for 1-2 weeks and on another treatment immediate light exposure was given. Results showed that incubation of 1-2 weeks gave better results while concentration of zeatin was of no matter. Okuse et al. (1995) studied the effect of different cytokinins on shoot regeneration from leaf explant of common cabbage (*Brassica oleracea* L.) and found that all cytokinins were effective in promoting the regeneration of plant from explant. As far as the concentration of zeatin was concerned it was found that the concentration of zeatin was broader than that of other cytokinins. The studies have revealed the process and mechanism by which zeatin promotes the growth of plant by stating that zeatin is present in more concentrations in parts of plant where more growth and cell division occurs. Zeatin is also involved in carbohydrates mobilization as well as distribution to the sink where more carbohydrates are needed to cater the needs of rapidly increasing growth. This was proved by They reached to the conclusion that Zeatin riboside affected mainly the mobilization of carbohydrates and has less effect on protein mobilization. Zeatin on combining with carbohydrates increases growth. In most recent studies some scientists such as Kato et al. (2002) have revealed the fact by conducting an experiment in which they found that on combining the zeatin with glucose produces a compound called the Zeatin-o-glucoside (GOS). This compound had the highest growth promoting activity even 100 times more than that of zeatin and zeatin riboside and played a vital role in shoot greening of cucumber. These results suggested that in some developmental stages, the combination of cytokinins with a carbohydrate, such as glucose, was a key factors in controlling the shoot greening by roots. Lashar et al. (2008) conducted a experiment to optimize the zeatin concentration and in the end suggested that Optimum ZT concentration for cotton was 0.5-25 μ M that yielded the best results as compared to other higher concentrations. Zeatin plays a vital role in keeping the plants green for a longer period of time.

References

- Akinbode OA, Ikotun T. 2008. Efficacy of certain plant extracts against seed-borne infection of *Collectotrichum destructivum* on cowpea (*Vigna unguiculata*). *Afri J Biotech* 7 (20):3683-368.
- Al-Hussein S, Rida S. 2006. Regeneration in African Vilet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.) Using Different Leaf Explants, Cytokinins Sources, and Light Regimes. *Jordan J of Agri Sci* 2(4):2361-371
- Ambler J, Morgan R, Jordan PW. 1992. Amounts of zeatin and zeatin riboside in xylem sap of senescent and nonsenescent sorghum. *Crop sci* 32(2):411-419
- Anjorin TS, Ikokoh P, Okolo S. 2010. Mineral composition of *Moringa oleifera* leaves, pods and seeds from two regions in Abuja, Nigeria. *J Agri Biol* 12(3):431-434.
- Cheikh N, Jones RJ. 1994. Disruption of maize kernel growth and development by heat stress: role of cytokinin/abscisic acid balance. *Plant physiol* 106(1) 45-51.
- Ella ES, Zapata FJ. 1991. Effect of abscisic acid and zeatin on plant regeneration from Scutellum - derived callus of rice (*Oryza sativa* L. Cv. 'Nona Bokra'). *Philippine J Crop Sci* 16(1):3-6.
- Filipov KH. 1993. Efficiency of spray dressing of wheat under conditions of drought. *Soil Sci Agrochemis. and Eco* 28(2):36-38.
- Fuglie L. 2000. ECHO's Technical note. biomasa@ibw.com.in.
- Fuglie LJ. 2001. The Miracle Tree: *Moringa oleifera*, Natural Nutrition for the tropics. The multiple attributes of *Moringa*, p. 172.
- Jee SO, Chung JD. 1989. Protoplast culture of flower cabbage (*Brassica oleracea* L. var *acephala* DC. forma *tricolor* Hort.) effect of plant growth regulators on plant regeneration. *J Plant Tiss Cult* 16(1):15-24.
- Kato-Noguchi H, Ino T, Sata N. 2002. Isolation and identification of a potent allelopathic substance in rice root exudates. *Physiologie Plantarum* 115: 401-405.
- Lashari MI, Arshad M, Zafar Y, Asad S. 2008. Optimization of zeatin and explant types for efficient embryogenesis and plant regeneration of diploid cotton (*Gossypium arboreum* L.). *J Plant Bio* 46(1):1-13.
- Lee SY, Kim HS. 1988. Effects of growth regulators on callus induction and organ regeneration from seedling explant sources of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. *Research Reports of the Rural Development Administration- Biotechnology* 30(1):69-73.
- Makkar HPS, Becker K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Anim Feed Sci Tech* 63: 211-228
- Okuse I, Mori J, Saga K. 1995. Influences of auxins, cytokinins and gibberellin on the shoot regeneration from leaf explants of common cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). *Bulletin of the Faculty of Agriculture - Hirosaki University* 58:56-64.

- Ozawa K, Contrers SM, Fukamachi H. 2006. The xeromorphic reaction: Permanent effects of short dry spells on crop production; The use of foliar water spray to reduce their damage. JIRCAS International Symposium Series. (13):107-116.
- Phiri C. 2010. Influence of Moringa oleifera leaf extracts on germination and early seedling development of major cereals. Agri Bio J of North America 1.(5)774-777.
- Price ML. 1985. The Moringa Tree. ECHO, 17391 Durrance Rd., North Ft. Myers FL Pauls K.P.and J.E. Thompson.1982. Effects of Cytokinins and Antioxidants on the Susceptibility of Membranes to Ozone Damage Plant and Cell Physiology. 23: 821-832.

Allelopathic Plants: 27. *Moringa* species

N.A. Tahir*, H.O. Majeed, H.A. Azeez¹, D.A. Omer², J.M. Faraj and W.R.M. Palani²
Department of Horticulture, College of Agricultural Engineering Sciences,
University of Sulaimani, Sulaimani, Iraq
E. Mail: nawroz.tahir@univsul.edu.iq

(Received in Revised Form: March 07, 2020)

CONTENTS

- 1. INTRODUCTION**
- 2. GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION AND MORPHOLOGY**
- 3. ECONOMIC IMPORTANCE**
- 4. ALLELOCHEMICALS IN MORINGA SPECIES**
- 5. ALLELOPATHY OF MORINGA SPECIES**
- 6. ROLE OF MORINGA ALLELOCHEMICALS IN HUMAN MEDICINE**
- 7. FUTURE RESEARCH AREAS**
- 8. CONCLUSIONS**

ABSTRACT

Moringa is a medicinal plant used to treat numerous diseases. It is rich in allelochemicals [amino acids (Threonine, methionine and phenylalanine), fatty acids (Palmitic, oleic and linoleic), phenols (Gallic acid, p-coumaric acid and ferulic acid) flavonoids (Catechin, quercetin, kaempferol and niazimicin) and other bioactive compounds, vitamins (B, A, C, D and K)], zeatin and essential macro (Potassium, magnesium and phosphorus) and microelements (Iron and zinc). These elements accelerate the plant's growth, improves the plant's resistance against pests and diseases and tolerance to biotic and abiotic stresses.

Keywords: Allelochemicals, allelopathic plants, allelopathy effects, chemical composition, economic importance, geographical distribution, morphology, *Moringa* species, plants nutrients.

1. INTRODUCTION

The Allelopathy affects the neighbouring plant's growth through the release of plant-produced bioactive secondary metabolites called allelochemicals in the environment (46). The moringa plants affect the germination and growth of wheat, faba bean, maize and wild mustard (71). The high doses of moringa extract are inhibitory and thus decreased the germination and growth of recipient's plants such as wheat, barley and weeds (82).

The moringa leaves contain several types of compounds, which have pharmaceutical, industrial and allelopathic properties. The moringa plants are rich in macro and micronutrients and contain methionine, cysteine, tryptophan, lysine, vitamin C,

*Correspondence Authors,¹ College of Pharmacy, Sulaimani University, Sulaimani, Iraq,

²Ministry of Agriculture, General Directorate of Agriculture, Sulaimani, Iraq

vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, iron, potassium, calcium, zinc, sodium (7). Besides, it is a potential source of natural antioxidants, flavonoids, anthocyanin, cinnamates and proanthocyanidins, 4-hydroxymellein, β -sitosterol, vanillin, essential oils and fatty acids. *Moringa* plants also contain several allelochemicals (phenolics compounds (benzoic acid, vanillic acid, coumaric acid, gallic acid, caffeic acid, ferulic acid and chlorogenic acid) and fatty acids (linoleic, oleic and 9-octadecenoic). These allelochemicals at high concentrations may be used as natural pesticides (37,74). This review describes the classification, distribution and economical importance of *Moringa* species, the effects of its phytotoxic compounds on other organisms and allelochemicals involved in these interactions.

2. GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION AND MORPHOLOGY

Moringa species are native to parts of Africa, Asia (sub-Himalayan tracts of India, Pakistan and Bangladesh), tropical and sub-tropical areas of the World (34) (Figure 1). It belongs to the family *Moringaceae*, that includes 13 species of various sizes from small plants (*M. oleifera*) to huge trees (*M. stenopetala*) (1-15 m height) (1,26,56). The most commonly cultivated commercial specie is *M. oleifera* Lam. (horseradish and drumstick tree) native to dry tropical areas in north-western India (34) but is widely cultivated in tropics. It is grown in India, Philippines Africa (Ethiopia, Sudan, East, West and South Africa), Latin America, Pacific Islands, Caribbean and Florida (66). Its 9-species (*M. arborea*, *M. borziana*, *M. longituba*, *M. ovalifolia*, *M. peregrine*, *M. pygmaea*, *M. rivae*, *M. ruspoliana*, and *M. stenopetala*) occur in eastern Ethiopia, northern Kenya, and Somalia, of which 8, are endemic to Africa (Table 1).



Figure 1. Distribution of *Moringa* species on the planet.

(Source: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/34868#toDistributionMaps>).

Table 1. Distribution of *Moringa* species in different countries (1).

Species No.	<i>Moringa</i> species	Countries
1	<i>M. arborea</i>	Kenya
2	<i>M. borziana</i>	Somalia and Kenya
3	<i>M. concanensis</i>	Sub-Himalayan tracts of Northern India
4	<i>M. drouhardii</i>	Madagascar
5	<i>M. hildebrandi</i>	Madagascar
6	<i>M. longituba</i>	Kenya, Ethiopia and Somalia
7	<i>M. oleifera</i>	Sub-Himalayan tracts of Northern India
8	<i>M. ovalifolia</i>	Namibia and Angola
9	<i>M. peregrine</i>	Red sea and Africa
10	<i>M. pygmaea</i>	Somalia
11	<i>M. rivae</i>	Kenya and Ethiopia
12	<i>M. ruspoliana</i>	Ethiopia
13	<i>M. stenopetala</i>	Kenya and Ethiopia

Morphology: *Moringa* spp plants vary in morphological characters (Table 2). Some *Moringa* species are perennial, 5-10 m tall, stem diameter (20 to 100 cm). The stem bark is thick cork and whitish-grey in colour. The leaves are of different shapes (imparipinnate, pinnate and droop). The stomata are present in epidermal cells in the lower and upper layers. The flowers are asexual and fragrant with yellowish-white petals (1-2 cm long and 1.50-2.00 cm wide). In cool areas, flowering occurs once a year (April to June), while all year-round in some regions. Its seeds are brown, white and yellow, angled or winged or round (Figure 2).

Figure 2. Some parts of *M. oleifera*. A. Leaves, B. Flowers, C. Pods and D. Seeds.

Table 2. Botanical descriptions of some *Moringa* species.

Botanical description	<i>M. oleifera</i>	<i>M. stenopetala</i>	<i>M. peregrina</i>	<i>M. concanensis</i>	<i>M. ovalifolia</i>
Leaf shape	Imparipinnate	Imparipinnate	Pinnate	Pinnate	Droop
Leaflets number	9	7	3	3	9
Leaflet shape	Oboordate	Elliptic	Linear	Linear	Oval
Stomata shape	Actinocytic	Anomocytic	Anomocytic	Anomocytic	Actinocytic
Seed color	Brown	Brown	White	White or Yellow	Brown
Seed shape	Round	Like almonds	Angled	Angled	Winged
Epidermal cell shape	Reticulate	Reticulate-foveate	Periclinal	Periclinal	Reticulate
References	16,42	16,42	16,42	10	40

3. ECONOMIC IMPORTANCE

Moringa is a miracle plant, among the medicinal, agricultural and horticultural crops. It grows quickly in tropical and subtropical environments. The global market demand for Moringa products is estimated > US\$ 4.6 billion. India is the largest producer (41% of world production, followed by Africa (33%), Malaysia and Philippines (12%), China (8%) and Venezuela (6%), It easily propagates, very fast-growing, hence, the cost of production is low. It is resistant to drought, pests and grows in poor soil (15,82). All parts (root, leaf, stem, bark, flower, pod, and seed) have agricultural and industrial uses. It can be used to stimulate the wheat seeds germination (73), bio-control of weeds [decreased the seeds germination of wild mustard weed (73)], and to improve the soil fertility (3).

4. ALLELOCHEMICALS IN MORINGA SPECIES

Moringa plant parts contain numerous phytochemical constituents (Tables 3, 4 and 5) from various parts and some of these have allelopathic effects (17,18,23,53,57,64,73).

4.1. Essential oils

M. oleifera leaves are rich in essential oils and include several compounds (Table 3) viz., hexacosane, hexanoic acid, pentacosane, phytol, thymol, nonacosane, 1,2,4-trimethyl-benzene, heptacosane and nonacosane (53,57,73). Pantolactone and squalene are vital constituents in the leaf and bark of *M. concanensis* (17). The major compounds in flowers are (*E*)-nerolidol, α -terpineol and benzyl isothiocyanate, octadecane and hexadecanoic acid (18,64). Tahir et al. (73) reported that flower extracts of *M. oleifera* were rich in nonacosane, methyl linoleate and methyl palmitate. The seeds are rich in several volatile compounds such as nonane, 3-methyl-5-propyl-, octane, 3,5-dimethyl-, and tetradecane (73) and fruits comprise tetracosane (23). The pentacosane allelochemical acts as a repellent against aphids (39).

Table 3. Chemical components in essential oils of *Moringa* species.

Plant part	<i>Moringa</i> species	Chemical constituents	References
Leaves	<i>M. oleifera</i>	Hexacosane, hexanoic acid, pentacosane, phytol, thymol, nonacosane, 1,2,4-trimethylbenzene, heptacosane, nonacosane, benzaldehyde, 2-hexanal and phnethyl alcohol	52,56,57,73
Flowers	<i>M. oleifera</i>	(E)-nerolidol, α -terpineol and benzyl isothiocyanate, octadecane and hexadecanoic acid, Nonacosane, methyl linoleate and methyl palmitate	18,64,73
Barks	<i>M. oleifera</i>	Pantolactone and squalene	17
Seeds	<i>M. oleifera</i> and <i>M. stenopetala</i>	Nonane, 3-methyl-5-propyl-, octane, 3,5-dimethyl-, and tetradecane, benzyl isothiocyanate and isobutyl isothiocyanate	30,69,73
Fruits	<i>M. oleifera</i>	Tetracosane	23

4.2. Phenolics and flavonoid compounds

Moringa contains various bioactive compounds: simple and polyphenol components, good for health (77) (Table 4). Several allelochemicals were also found in different parts of *Moringa* species. For instance, 4-(R-L-rhamnopyranosyloxy)-benzylglucosinolate was isolated from the moringa seeds, whereas two compounds: 4-(R-L-rhamnopyranosyloxy)-benzylglucosinolate and benzyl glucosinolate were isolated from the moringa roots. *Moringa* leaves are rich in 4-(R-L-rhamnopyranosyloxy)- benzylglucosinolate, 3-caffeoylquinic acid, 5-caffeoylquinic acid, and three monoacetyl isomers of this glucosinolate, whereas, 4-(R-L-rhamnopyranosyloxy)-benzylglucosinolate was detected in its bark (21). Faizi *et al.* (32,33) reported several allelochemicals in *Moringa* species, including isothiocyanates and nitriles; whereas, Eilert *et al.* (29) detected 4-(RL-rhamnopyranosyloxy)-benzyl in its seeds. Results of chromatography identified some flavonoid compounds in moringa extracts including flavonols, flavones, biflavonyl, kaempferol, delphinidin, triglycerides, and glycosylflavones (27,69,72). *M. peregrina* plants are rich in many allelochemicals (quercetin, quercetin-3-orutinoside, chryseriol-7-O-rhamnoside, and 6, 8, 3', 5'-tetra methoxy apigenin, lupeol acetate, β -amyrin, α -amyrin, β -sitosterol-3-O- β -D-glucoside and rhamnetin, caffeoylquinic acid, quercetin, caffeoylquinic acid, and β -amyrin) (28,79).

Table 4. Phenols and favonoids compounds found in *Moringa* species.

Plant part	<i>Moringa</i> species	Chemical constituents	References
Leaves	<i>M. oleifera</i> , <i>M. stenopetala</i> and <i>M. Peregrine</i>	4-(R-L-rhamnopyranosyloxy)-benzylglucosinolate, 3-caffeoylquinic acid, 5-caffeoylquinic acid, and flavonoid compounds	21,27,69,72
Flowers	<i>M. oleifera</i>	Flavonoid compounds	69
Barks	<i>M. oleifera</i>	4-(R-L-rhamnopyranosyloxy)-benzylglucosinolate	21
Seeds	<i>M. oleifera</i> and <i>M. stenopetala</i>	4-(R-L-rhamnopyranosyloxy)-benzylglucosinolate	21,29
Roots	<i>M. oleifera</i> and <i>M. stenopetala</i>	4-(R-L-rhamnopyranosyloxy)-benzylglucosinolate and benzyl glucosinolate	21

4.3. Fatty acids

Moringa oleifera organs are rich in unsaturated fatty acids including octadec-9-enoic acid (in leaf), methyl 12,15-octadecadienoate (in flower) and oleic acid (in seeds) (9,50,51,73) (Table 5). Cheikhyoussif *et al.* (25) found that *M. ovalifolia* seeds contained large amounts of monounsaturated fatty acids such as oleic acid in addition to tocopherol (25). *M. concanensis* seed oil was hydrolysed and the fatty acids profile showed high amounts of saturated fatty acids with oleic acid (71). Some of these fatty acids have allelopathic effects (73,74), they reported that 1-(+)-ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate and octadecanoic acid were allelopathic to the germination and seedlings elongations of wild mustard weed.

Table 5. Fatty acids identified in different parts of *Moringa* species.

Plant part	<i>Moringa</i> species	Chemical constitutes	References
Leaves	<i>M. oleifera</i>	Octadec-9-enoic acid	73
Flowers	<i>M. oleifera</i>	Methyl 12,15-octadecadienoate	73
Seeds	<i>M. oleifera</i> , <i>M. ovalifolia</i> and <i>M. concanensis</i>	Oleic acid and stearic acid	9,25,50,51,71,73

5. ALLELOPATHY OF MORINGA SPECIES

The allelopathic plants produce secondary metabolites with allelopathic effects during the various physiological processes. The allelopathic plants may Improve the (i) productivity of agricultural systems, (ii) tolerance to biotic and abiotic stresses and (iii) ecologically manage agricultural pests (22,34). The allelochemicals bioactivity depends on the concentration, the high concentrations inhibit the plant growth, while the low concentration promotes the growth (22,36).

5.1. Inhibitory effects

I. Crops: The *M. oleifera* extracts influence the growth and development of wheat, maize and weeds (Table 6). The water extracts of different parts of *M. oleifera* are inhibitory to various plants (14,31,43,44,55). Moringa leaf, flower and seed extracts at higher concentrations inhibited the seeds germination and seedlings growth of broad bean, mung bean and lettuce. Phiri and Mbewe (62) demonstrated that the application of moringa leaf extracts delayed the emergence of the seedling, decreased the root growth and field survival of beans, groundnut and cowpea. Piyatida and Kato-Noguchi (63) stated that leaf, stem and root extracts of *M. oleifera* Lam inhibited the seedling growth of cress, lettuce, alfalfa, and crabgrass seedling and the allelopathic effects differed with plant species. Hanan and Salama (41) and Sarmin (70) studied the allelopathic potential of *M. oleifera* Lam. on growth and physiological characters of *Vicia faba* L., *Zea mays* L., and *Triticum aestivum* L. and they found that leaves extracts of *M. oleifera* Lam adversely affected the seeds germination in all test crops. The leaves extracts of *M. oleifera* at lower doses slightly affected the seed germination, radicle growth and biochemical components of *Cicer arietinum* L. and *Raphanus sativus*, whereas, the higher doses are inhibitory to the growth of chickpea plants (49,53). The *M. oleifera* leaves aqueous extracts (2.5, 5, 7.5 and 10%) decreased the seeds germination and plumule length of *Citrullus lanatus* at 7 days after application. (5).

II. Weeds: Tahir *et al.* (73) reported that higher concentration of ethanolic extracts from bark, leaf, and flower of *M. oleifera* inhibited the germination of wild mustard in laboratory conditions than the lower concentration (Table 6). They showed that phenols, flavonoids and/or alkaloids allelochemicals were present in the extracts of *M. oleifera*, which might have caused the allelopathic inhibition in test plant. Leaf and seed aqueous extracts of *M. oleifera* reduced the growth of broad-leaved and grassy weeds but increased the dry weights in the leaves and bulbs of *Narcissus tazetta* L (31,49).

Table 6. Allelopathic effects of *M. oleifera* organs on germination and seedling growth of some test plants.

Moringa organ	Test plant species	Effects			References
		Germination	Root length	Shoot length	
Leaves	Wheat, wild mustard, maize, sorghum, spiny amaranth and faba bean	Inhibition	Inhibition	Inhibition	13,55,59, 70,73
Flowers	Wheat and wild mustard	Inhibition	Inhibition	Inhibition	73
Barks	Wheat	Inhibition	Inhibition	Inhibition	70
Seeds	Wheat, and wild mustard	Inhibition	Inhibition	Inhibition	73
Roots	Wheat	Inhibition	Inhibition	Inhibition	70

III. Pests: The aqueous extracts of *M. oleifera* leaves controlled the damping-off and stem rot diseases of cowpea caused by *Sclerotium* (2). The effects of the coagulant lectin of *M. oleifera* on moth flour (*Anagasta kuehniella*) were reported by mixing this protein in the artificial diet at levels of 0.5, 1 and 2%, respectively. The insecticidal effects of the lectin of *M. oleifera* were dose-dependent on the larval mass of *Anagasta kuehniella*. Besides, the group fed at 1% of coagulant lectin of *M. oleifera* caused 27.6% pupal mortality (56).

IV. Biochemical processes: The *M. oleifera* leaf leachates decreased the enzymatic activities of α -amylase and invertase enzymes and decreased the amount of reducing and non-reducing carbohydrates such as sucrose in *Sorghum bicolor* (61). Fahey and co-workers (35) reported the potent chemoprotective properties in most *Moringa* species due to the presence of glucosinolates.

5.2 Stimulatory effects

The stimulatory impacts of the moringa plant depend on the extract concentration. The low concentration of extract stimulated the seedling growth. Zeatin is a group of cytokinin found in *Moringa* plant, it increases the growth and yield of tomato and maize by 25-30% (7,19,20,45). On the other hand, the *M. oleifera* leaf extracts improve the seeds germination and plant vigour of *Cenchrus ciliaris*, *Panicum antidotale* and *Echinochloa crusgalli* (58). Foliar application of moringa leaf extracts significantly increase the oil content and yield of sunflower (48). Moreover, mixed foliar spray of water extract of moringa + sorghum improves the plant height, number of grains, 100-grains weight, grain yield and protein, starch, oil and chlorophyll contents and leaf chlorophyll contents of maize (48). Foliar spray of *M. oleifera* leaf extract delays the plant maturity by prolonging

the leaf area and grain-filling duration in wheat (79). The Plums (*Prunus*) treated with 6% moringa leaf aqueous extract significantly increased the yield and fruit weight (75). An experiment was conducted to study the effect of moringa leaf extracts and humic acid foliar application on cucumber growth, yields and physico-chemical components. Results showed that the maximum vine length, single fruit weight, fruit diameters, total yield, titrable acidity and ascorbic acid content were increased by foliar application of moringa extract at 50 g/L (67). Bose *et al.* (23) soaked the seeds of *Vigna mungo* in the ethanolic extracts of *M. oleifera* and found to be beneficial for nodulation and nitrogenase activity. The efficacy and quality of two cotton cultivars were studied by the exogenously applied *M. oleifera* (MLE), nitrogen, and potassium and conventional cotton cultivar (CIM 573) interacts with the exogenous application of moringa leaves + nitrogen and potassium, increases the plant height, cotton yield, staple length, fiber maturity and fiber strength (13).

6. ROLE OF MORINGA ALLELOCHEMICALS IN HUMAN MEDICINE

The *M. oleifera* is called miracle medicinal plant as it is used to treat many diseases and disorders in Human beings. *M. oleifera* different parts extracts in various solvents contain antioxidant properties (1) due to inhibition of lipid peroxidation by phytochemical antioxidants like polyphenols present in its leaves. Moringa seeds and pods have beneficial anti-inflammatory effects (11,24,32). Experimental animal models indicate that *M. oleifera* was given orally and its leaf extract decreases the development of fructose-induced diabetes. The *M. oleifera* leaf powder enhances the alloxan-induced hyperglycemia, showing the ability to treat diabetes (51,78). In lung cancer cells, an aqueous fraction of *M. oleifera* leaf extract caused an apoptotic in HepG2 cells. Leaf extracts given orally substantially reduced the development of HepG2 cells and lung cancer cells (47).

7. FUTURE RESEARCH AREAS

Future researches on *Moringa* species may be done on the following aspects:

- I. Understanding the primary mechanisms of moringa extracts as inhibitory and stimulatory effects on plants.
- II. Effects of biotic and abiotic factors on the bioactive component levels in various parts of the moringa plant.
- III. Allelopathic potential of *Moringa* species should be tested as a growth regulator and biofertilizer.
- IV. Development of bioactive molecules of moringa as growth promotor and pesticides (Insecticides, nematicides and fungicides).
- IV. Allelopathic properties of *Moringa* species for use in biocontrol of agricultural pests (Insects, nematodes and pathogens).
- V. Develop bioactive molecules of moringa as growth inducer and pesticides (Insecticides, nematicides and fungicides).

8. CONCLUSIONS

Moringa species are rich in various nutritional elements and bioactive compounds [1-(+)-ascorbic acid, 2,6-dihexadecanoate, hexadecanoic acid, methyl ester and benzyl isothiocyanate], which after further research could be useful as bio-fertilizer and bio-control of crop pests. High doses of moringa extracts inhibit the seeds germination and seedling growth, while, low concentrations are stimulatory to test plants.

REFERENCES

1. Abdrani, N.Z., Husain, K. and Kumolosasi, E. (2018). *Moringa* Genus. A review of phytochemistry and pharmacology. *Frontiers in Pharmacology* **9**: 1-26.
2. Adandonon, A., Aveling, T.A.S., Labuschagne, N. and Tamo, M. (2006). Biocontrol agents in combination with *Moringa oleifera* extract for integrated control of Sclerotium-caused cowpea damping-off and stem rot. *European Journal of Plant Pathology* **115**: 409-418.
3. Adebayo, A.G., Akintoye, H.A., Shokalu, A.O. and Olatunji, M.T. (2017). Soil chemical properties and growth response of *Moringa oleifera* to different sources and rates of organic and NPK fertilizers. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* **6**: 281-287.
4. Afolayan, A.J. and Bvenura, C. (2018). Essential oil composition and phytotoxicity effect of *Solanum nigrum* L. on seed germination of some vegetables. *Applied Ecology and Environmental Research* **16**: 553-561.
5. Ahmed, H., Darier, S.E., Migahid, M. and Belkasem, K. 2019. Biological activity of *Moringa oleifera* Lam. on *Citrullus lanatus* (Thunb.) in sustainable agriculture practices. *Advances in Environmental Biology* **13**:1-10.
6. Ajayi, C.A., Williams, O.A., Famuyide, O.O. and Adebayo O. (2014). Economic potential of *Moringa oleifera* as a commercial tree species and its suitability for forest management in Taungya farming system, *Agrosearch* **13**: 242.
7. Albuquerque, M.B., Santos, R.C., Lima, L.M., Melo Filho, P.d.A., Nogueira, R.J.M.C., Câmara, C.A.G. and Ramos, A. (2011). Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **31**: 379-395.
8. Al-Owaisi, M., Al-Hadiwi, N. and Khan, S.A. (2014). GC-MS analysis, determination of total phenolics, flavonoid content and free radical scavenging activities of various crude extracts of *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori leaves. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* **4**: 964-970.
9. Aly, A.A., Maraci, R.W. and Ali, H.G.M. (2016). Fatty acids profile and chemical composition of Egyptian *Moringa oleifera* seed oils. *Journal of the American Oil Chemists Society* **93**: 397-404.
10. Anbazhakan, S., Dhandapani, R., Anandhakumar, P. and Balu S. (2007). Traditional medicinal knowledge on *Moringa concanensis* Nimmo of Perambalur district, Tamilnadu. *Ancient Science of Life* **26**: 42-45.
11. Araújo, L.C.C., Aguiar, J.S., Napoleão, T.H., Mota, F.V.B., Barros, A.L.S., Moura, M.C., Coriolano, M.C., Coelho, L.C.B.B., Silva, T.G. and Paiva, P.M.G. (2013). Evaluation of cytotoxic and anti-inflammatory activities of extracts and lectins from *Moringa oleifera* seeds. *PloS One* **8**: e81973.
12. Arif, M., Kareem, S.H.S., Ahmad, N.S., Hussain, N., Yasmeen, A., Anwar, A., Naz, S., Iqbal, J., Shah, G.A. and Ansar, M. 2019. Exogenously applied bio-stimulant and synthetic fertilizers to improve the growth, yield and fiber quality of cotton. *Sustainability* **11**:2171.
13. Awasthi, O.P., Singh, I.S. and Meena, S.R. (2008). Allelopathic influence of aqueous leaf extract of *Moringa oleifera* on germination and seedling growth of ground storey crops. *Vegetation Science* **35**: 100-102.
14. Aytah, A.A. (2017). Allelopathic effect of *Moringa peregrina* Forssk. on germination and early seedling development of two common food intercrops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* **6**: 161-167.
15. Azeez, F.A., Nosiru, M.O., Clement, N.A., Awodele, D.A., Ojo, D. and Arabomen, O. (2013). Importance of *Moringa oleifera* tree to human livelihood: A case study of Isokan local government area in Osun state. *Elixir Agriculture* **55**: 12959-12963.
16. Azza, S.M. (2014). Morpho-anatomical variations of leaves and seeds among three *Moringa* species. *Life Science Journal* **11**: 827-832.

17. Balamurugan, V., Balakrishnan, V. and Sundaresan, A. (2015). GC-MS analysis of leaf and bark Extract of *Moringa concanensis* Nimmo, a siddha medicinal plan. *European Journal of Biotechnology and Bioscience* **3**: 57-61.
18. Barreto, M.B., Freitas, J.V.B.d., Silveira, E.R., Bezerra, A.M.E., Nunes, E.P. and Gramosa, N.V. (2009). Volatile and non-volatile chemical constituents of *Moringa oleifera* Lam. Moringaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **19**: 893-897.
19. Bashir, K.A., Bawa, J.A. and Mohammed, I. (2014). Efficacy of leaf extract of Drumstick Tree (*Moringa oleifera* Lam.) on the growth of local tomato (*Lycopersicon esculentum*). *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences* **9**: 74-79.
20. Basra, S.M.A. and Iftikhar, M.N. (2011). Potential of Moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract as priming agent for hybrid maize seeds. *International Journal of Agriculture and Biology* **13**: 1006-1010.
21. Bennett, R.N., Mellon, F.A., Foidl, N., Pratt, J.H., Dupont, M.S., Perkins, L. and Kroon, P.A. (2003). Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees *Moringa oleifera* L. and *Moringa stenopetala* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**: 3546-3553.
22. Bhadoria, P.B.S. (2010). Allelopathy: A natural way towards weed management. *American Journal of Experimental Agriculture* **1**: 7-20.
23. Bose, B., Sriv Astavai, R.C. and Mathur, S.N. (1987). Nodulation and nitrogenase activity in *Vigna mungo* response to seed soaking and root dressing treatments of moringa leaf extract. *Indian Journal of Plant Physiology* **4**: 362-367.
24. Cheenpracha, S., Park, E.-J., Yoshida, W.Y., Barit, C., Wall, M., Pezzuto, J.M., Chang, L.C. (2010). Potential anti-inflammatory phenolic glycosides from the medicinal plant *Moringa oleifera* fruits. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* **18**: 6598-6602.
25. Cheikhoussef, N., Kandawa- Schulz, M., Böck, R., Koning, C.d., Cheikhoussef, A., Muhammad, U.B. and Hussein, A.A. (2018). Physicochemical characterization, fatty acid and tocopherol content of *Moringa ovalifolia* (African Moringa) oil from Namibia. *Journal of the American Oil Chemists Society* **95**: 1163-1170.
26. Chumark, P., Khunawat, P., Sanvarinda, Y., Phornchirasilp, S., Morales, N.P., Phivthong-Ngam, L., Ratanachamnong, P., Srisawat, S. and Pongrapeeporn, K. (2008). The *in-vitro* and *ex-vivo* antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Journal of ethnopharmacology* **116**: 439-446.
27. Coppin, J.P., Xu, Y., Chen, H., Pan, M.-H., Ho, C.-T., Juliani, R., Simon, J.E. and Wu, Q. (2013). Determination of flavonoids by LC/MS and anti-inflammatory activity in *Moringa oleifera*. *Journal of Functional Foods* **5**: 1892-1899.
28. Da Silva, U. P., Furlani, G.M., Demuner, A.J., da Silva, O.L.M and Varejao, E.V.V. (2018). Allelopathic activity and chemical constituents of extracts from roots of *Euphorbia heterophylla* L, *Natural Product Research* **33**: 1-4.
29. Eilert, U., Wolters, B. and Nadrtdt, A. (1981). The antibiotic principle of seeds of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala*. *Planta Medica* **42**: 55-61.
30. Einhellig, F.A. (1995). Mechanism of action of allelochemicals in allelopathy. In: *Allelopathy: Organisms, Processes and Applications*, (Eds., Inderjit, K.M.M. Dakshini, F.A. Einhellig), ACS Symposium Series, Vol. **582**: 96-116. American Chemical Society, Washington, D.C.
31. El-Rokiek, K.G., Eid, R.A., Shehata, A.N. and Saad El-Din, S.A. (2017). Evaluation of using *Moringa oleifera* on controlling weeds. Effect of leaf and seed water extracts of *Moringa oleifera* on broad and grass weeds in *Narcissus tazetta* L. *International Agricultural Engineering Journal* **45**: 45-52.
32. Faizi, S., Siddiqui, B.S., Saleem, R., Siddiqui, S., Aftab, K. and Gilani, A.H. (1994). Isolation and structure elucidation of new nitrile and mustard oil glycosides from *Moringa oleifera* and their effect on blood pressure. *Journal of Natural Products* **57**: 1256-1261.
33. Faizi, S., Siddiqui, B.S., Saleem, R., Siddiqui, S., Aftab, K. and Gilani, A.H. (1995). Fully acetylated carbamate and hypotensive thiocarbamate glycosides from *Moringa oleifera*. *Phytochemistry* **38**: 957-963.
34. Fahey, J. (2005). *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence of it's nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. *Trees for Life Journal*: 1-5.
35. Fahey, J.W., Olson, M.E., Stephenson, K.K., Wade, K.L., Chodur, G.M., Odee, D., Nouman, W., Massiah, M., Alt, J., Egner, P.A. and Hubbard, W. C. (2018). The diversity of chemoprotective glucosinolates in *Moringaceae* (*Moringa* spp.). *Scientific Reports* **8**: 7994.
36. Farooq, M., Bajwa, A.A., and Cheema, Z.A. (2013). Application of allelopathy in crop production. *International Journal of Agriculture and Biology* **15**: 1367-1378.

37. Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z.A., Wahid, A. and Siddique, K.H.M. (2011). The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Management Science* **67**: 493-506.
38. Formisano, C., Rigano, D., Senatore, F., Feo, V.D., Bruno, M. and Rosselli, S. (2007). Composition and allelopathic effect of essential oils of two thistles *Cirsium creticum* (Lam.) D.Urv. ssp. *triumfetti* (Lacaita) Werner and *Carduus nutans* L. *Journal of Plant Interactions* **2**: 115-120.
39. Fujii, Y. and Hiradate, S. (2007). *Allelopathy: New Concepts & Methodology*, Taylor & Francis. New York.
40. Habtemariam, S. (2017). The African and Arabian *Moringa* Species. In: *Chemistry, Bioactivity and Therapeutic Applications*. Elsevier Science, Dordecht, Netherlands.
41. Hanan, M.A. and Salama, M.E. (2014). Biological interactions between *Moringa oleifera* Lam. and two common food intercrops: Growth and some physiological attributes. *International Journal of Advanced Research* **2**: 823-836.
42. Hassanein, A.M.A. and Al-Soqeer, A.A. (2018). Morphological and genetic diversity of *Moringa oleifera* and *Moringa peregrina* genotypes, *Horticulture, Environment and Biotechnology* **59**: 251-261
43. Hossain, M.M., Miah, G., Ahamed, T. and Sarmin, N.S. (2012). Allelopathic effects of *Moringa oleifera* on the germination of *Vigna radiata*. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* **4**: 114-121.
44. Hussain, M., Farooq, M., Basra, S.M.A. and Lee, D.J. (2013). Application of *Moringa* allelopathy in crop sciences. In: *Allelopathy*. (Eds., Z.A. Cheema, M. Farooq and A. Wahid), Springer, Berlin, pp. 469-483.
45. Iqbal, M.A. (2014). Role of moringa, brassica and sorghum water extracts in increasing crops growth and yield: A review. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* **14**: 1150-1158.
46. Jabeen, N. and Ahmed, M. (2009). Possible allelopathic effects of three different weeds on germination and growth of maize (*Zea mays*) cultivars. *Pakistan Journal of Botany* **41**: 1677-1683.
47. Jung, I.L., Lee, J.H. and Kang, S.C. (2015). A potential oral anticancer drug candidate, *Moringa oleifera* leaf extract, induces the apoptosis of human hepatocellular carcinoma cells. *Oncology Letters* **10**: 1597-1604.
48. Kamran, M., Cheema, Z.A., Farooq, M. and Hassan, A.U. (2016). Influence of foliage applied allelopathic water extracts on the grain yield, quality and economic returns of hybrid maize. *International Journal of Agriculture and Biology* **18**: 577-583.
49. Krishan, M.M., Jawahar, L.B., Ajay, K. and Pragati, S. (2013). Allelopathic effects of aqueous leaves extract of *Moringa oleifera* L. on seedling growth of *Cicer arietinum* L. *African Journal of Agriculture Research* **8**: 1028-1032.
50. Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J. and Bertoli, S. (2016). *Moringa oleifera* seeds and oil characteristics and uses for human health. *International Journal of Molecular Sciences* **17**: 1-14.
51. López, M., Ríos-Silva, M., Huerta, M., Cárdenas, Y., Bricio-Barrios, J.A., Díaz-Reval, M.I., Urzúa, Z., Huerta-Trujillo, M., López-Quezada, K. and Trujillo, X. (2018). Effects of *Moringa oleifera* leaf powder on metabolic syndrome induced in male Wistar rats: a preliminary study. *The Journal of International Medical Research* **46**: 3327-3336.
52. Marrero Delange, D., Vicente Murillo, R., Canavaciolo, V.L.G. and Amaro, J.G. (2014). Fatty acid composition of seed oil from *Moringa oleifera* grown in Havana, Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* **19**: 197-204.
53. Marrufo, T., Nazzaro, F., Mancini, E., Fratianni, F., Coppola, R., Martino, L. de, Agostinho, A.B., Feo, V.D. and Agostinho, A. (2013). Chemical composition and biological activity of the essential oil from leaves of *Moringa oleifera* Lam. cultivated in Mozambique. *Molecules* **18**: 10989-11000.
54. Mominul Islam, A.K.M., Hasan, M., Musha, M.H.Md., Uddin, Md.K., Juraimi, A.S. and Anwar, Md.P. (2018). Exploring 55 tropical medicinal plant species available in Bangladesh for their possible allelopathic potentiality. *Annals of Agricultural Sciences* **63**: 99-107.
55. Mona, H.S., Ahlam, H.H., Hamdah, A. and Shroug, S.A. (2017). Allelopathic effect of *Moringa oleifera* leaves extract on seed germination and early seedling growth of faba bean (*Vicia faba* L.). *International Journal of Agricultural Technology* **13**: 105-117.
56. Morton, J.F. (1991). The *Moringa pterygosperma* (Moringaceae)-A boon to Arid Lands? *Economic Botany* **45**: 318-333.
57. Mukunzi, D., Nsor-Atind, J., Xiaoming, Z., Gahungu, A., Karangwa, E. and Mukamurezi, G. (2011). Comparison of volatile profile of *Moringa oleifera* leaves from Rwanda and China using HS-SPME. *Pakistan Journal of Nutrition* **10**: 602-608.
58. Nouman, W., Siddiqui, M.T. and Basra, S.M.A. (2012). *Moringa oleifera* leaf extract: An innovative priming tool for rangeland grasses. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **36**: 65-75.
59. Okeke, C.U., Iroka, C.F. and Okereke, C.N. (2015). Effects of the crude water extract of the leaves of *Moringa oleifera* on the germination and growth of *Amaranthus spinosus* and *Amaranthus hybridus*. *European Journal of Experimental Biology* **5**: 37-44

60. Oliveira, C.F.R. de, Luz, L.A., Paiva, P.M.G., Coelho, L.C.B.B., Marangoni, S. and Macedo, M.R. (2011). Evaluation of seed coagulant *Moringa oleifera* lectin (cMoL) as a bioinsecticidal tool with potential for the control of insects. *Process Biochemistry* **46**: 498-504.
61. Pawar, K.B. and Chavan, P.D. (2007). Influence of leaf leachates of soybean, moringa, parthenium and eucalyptus on carbohydrates in germinating seeds of *Sorghum bicolor* L. oencl. *Allelopathy Journal* **19**: 543-548.
62. Phiri, C. and Mbewe, D.N. (2010). Influence of *Moringa oleifera* leaf extracts on germination and seedling survival of three common legumes. *International Journal of Agriculture and Biology* **12**: 315-317.
63. Piyatida, P. and Kato-Noguchi, H. (2010). Screening of allelopathic activity of eleven Thai medicinal plants on seedling growth of five test plant species. *Asian Journal of Plant Sciences* **9**: 486-491.
64. Pino, J.A. (2013). Floral scent composition of *Moringa oleifera* Lam. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* **16**: 315-317.
65. Rady, M.M., Bhavya, V.C. and Howladar, S.M. (2013). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings overcome NaCl stress as a result of presoaking in *Moringa oleifera* leaf extract. *Scientia Horticulturae* **162**: 63-70.
66. Rathi, B.S., Bodhankar, S.L. and Baheti, A.M. (2006). Evaluation of aqueous leaves extract of *Moringa oleifera* Lam for wound healing in albino rats. *Indian Journal of Experimental Biology* **44**: 898-901.
67. Razvy, M.A. 2019. Influence of foliar application of moringa leaf extract and humic acid on growth, yield and chemical composition of cucumber. *International Journal of Biosciences* **14**: 111-120.
68. Sakr, W.R.A., El-Sayed, A.A., Hammouda, A.M. and Saad El Deen, F.S.A. (2018). Effect of NPK, aloe gel and moringa extracts on Geranium plants. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants* **10**: 1-16.
69. Sankhalkar, S. and Vernekar, V. (2016). Quantitative and qualitative analysis of phenolic and flavonoid content in *Moringa oleifera* Lam and *Ocimum tenuiflorum* L. *Pharmacognosy Research* **8**: 16-21.
70. Sarmin, N.S. (2014). Effect of *Moringa oleifera* on germination and growth of *Triticum aestivum*. *Journal of Bioscience and Agriculture Research* **2**: 59-69.
71. Sengupta, A., Sengupta, C. and Das, P.K. (1971). The triglyceride composition of *Moringa concanensis* seed fat. *Lipids* **6**: 666-669.
72. Siddhuraju, P. and Becker, K. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**: 2144-2155.
73. Tahir, N.A., Qader, K.O., Azeez, H.A. and Rashid, J.S. (2018). Inhibitory allelopathic effects of *Moringa oleifera* Lam plant extracts on wheat and *Sinapis arvensis* L. *Allelopathy Journal* **44**: 53-66.
74. Tahir, N.A., Azeez, H. A., Hama Amin, H. H., Rashid, J.S. and Omer, D. A. (2019). Antibacterial activity and allelopathic effects of extracts from leaf, stem and bark of Mt. Atlas mastic tree (*Pistacia atlantica* subsp. *kurdica*) on crops and weeds. *Allelopathy Journal* **46**: 121-132.
75. Thanaa, S.M., Kassim, N.E., Rayya, A. and Abdalla, A.M. (2017). Influence of foliar application with *Moringa (Moringa oleifera* L.) leaf extract on yield and fruit quality of Plum cultivar. *Journal of Horticulture* **4**:193.
76. Tshabalala, T, Ncube, B., Madala, N.E., Nyakudya, T.T., Moyo, H.P., Sibanda, M. and Ndhkala, A.R. (2019.) Scribbling the Cat: A Case of the "Miracle" plant, *Moringa oleifera*. *Plants* ((Basel, Switzerland) **8**: 510
77. Vergara-Jimenez, M., Almatrafi, M.M. and Fernandez, M.L. (2017). Bioactive components in *Moringa oleifera* leaves protect against chronic disease. *Antioxidants* **6**: 1-13.
78. Villarruel-López, A., López-de la Mora, D. A., Vázquez-Paulino, O.D., Puebla-Mora, A.G., Torres-Vitela, M.R., Guerrero-Quiroz, L.A., Nuño, K. (2018). Effect of *Moringa oleifera* consumption on diabetic rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine* **18**: 1-10.
79. Wan, C., Li, S., Liu, L., Chen, C. and Fan, S. (2017). Caffeoylquinic acids from the aerial parts of *Chrysanthemum coronarium* L. *Plants* (Basel, Switzerland) **6**: E10.
80. Yasmeen, A., Basra, S.M.A., Ahmad, R. and Wahid, A. (2012). Performance of late sown wheat in response to foliar application of *Moringa oleifera* Lam. leaf extract. *Chilean Journal of Agricultural Research* **72**: 92-97.
81. Yosef, F.A., Choudhary, S.P., Dudai, N. and Rachmilevitch, S. (2013). Physiological conjunction of allelochemicals and desert plants. *PLoS ONE* **8**: e81580.
82. Zirmire, J. (2018). A study on economic viability of moringa in dryland regions of Maharashtra. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* **7**: 374-376.