

Désinfection à la vapeur aérée, une solution pour les semences biologiques de plantes aromatiques et médicinales?

Sarah SIGG, Xavier SIMONNET, Mediplant

Werner HELLER, Christoph CARLEN, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW

Renseignements: Sarah Sigg, e-mail: sarah.sigg@acw.admin.ch, tél. +41 27 345 35 49, www.mediplant.ch



Figure 1 | Récolte de *Malva sylvestris* L. La rentabilité des cultures de plantes médicinales et aromatiques pourrait être améliorée par la désinfection des semences à la vapeur aérée.

Introduction

Les producteurs suisses de plantes médicinales et aromatiques (PAM) observent depuis plusieurs années des dégâts de champignons pathogènes sur mauve (*Malva sylvestris* L.) et guimauve (*Althaea officinalis* L.). Tosi *et al.* (2004) et Michel (2005) ont notamment décrit de sérieuses attaques d'antracnose (*Colletotrichum* sp.) sur la guimauve. Les semences sont suspectées d'être

les vecteurs de pathogènes tels que *Colletotrichum*, *Rhizopus*, *Mucor* ou encore *Fusarium* (Champion 1997). En production biologique, aucun moyen n'est actuellement disponible pour désinfecter les semences.

La désinfection des semences à la vapeur aérée (DVA) a déjà fait ses preuves dans la lutte contre les champignons pathogènes, notamment le mildiou (*Peronospora lamii*) et le fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *basilici*) sur basilic (Heller et Zoller 2010), l'*Alternaria*

sur carotte (Heller et Razavi 2007; Koch *et al.* 2010) et le *Phoma valerianellae* sur mâche (Schmitt *et al.* 2009). De 2009 à 2011, Mediplant a testé son efficacité sur des semences de mauve (*Malva sylvestris* L.) et guimauve (*Althaea officinalis* L.). Deux lots de thym (*Thymus vulgaris* L.) et un de pimprenelle (*Pimpinella peregrina* L.) ont été ajoutés à ces tests pour observer l'influence de la qualité des graines (taille, âge, type de tégument) sur l'efficacité de la DVA. De plus, l'impact de la DVA a été observé sur le taux de germination avec ou sans séchage après ce traitement, de même que la conservation à moyen terme de semences désinfectées.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Les caractéristiques des quatre espèces utilisées dans ce test sont présentées dans le tableau 1. Chaque année, les lots de graines utilisés étaient identiques sauf en 2011 où un lot de mauve, un de guimauve et un de pimprenelle ont été ajoutés au test.





Désinfection

Les paramètres de désinfection utilisés par Heller et Zoller (2010) pour le basilic ont été choisis comme base de travail. En 2009, les essais préliminaires de DVA menés à 68 °C ont montré des différences de comportement des semences selon l'espèce, nous amenant à élargir les paramètres de DVA en 2010 et 2011 (tabl.1).

Les semences ont été désinfectées avec une installation de laboratoire mise au point par Agroscope ACW

Résumé Actuellement, aucun moyen de désinfection n'est disponible pour les semences de plantes aromatiques et médicinales (PAM) en culture biologique. De 2009 à 2011, Mediplant a testé la désinfection à la vapeur aérée (DVA) sur quatre espèces de PAM: la mauve (*Malva sylvestris* L.), la guimauve (*Althaea officinalis* L.), le thym (*Thymus vulgaris* L.) et la pimprenelle (*Pimpinella peregrina* L.). La DVA est partiellement efficace contre les champignons pathogènes sur les semences de mauve et guimauve, avec un optimum situé à 120 secondes à 68 °C. Le taux de germination des semences traitées a augmenté de 20 à 45 % selon les lots. La levée de dormance et donc un meilleur taux de germination de ces deux espèces ont également été obtenus en exposant les graines à 68 °C durant deux à cinq minutes sans apport de vapeur. Pour le thym et la pimprenelle, l'efficacité de la DVA sur les pathogènes n'a pu être vérifiée. De plus, la faculté germinative de ces deux espèces a été altérée par des températures ou durées de désinfection élevées: au-delà de 60 secondes à 68 °C pour le thym et dans tous les cas pour la pimprenelle. Il est conseillé de sécher les semences à 37 °C après la DVA. Sans séchage, les semences désinfectées risquent de germer trop hâtivement.

Tableau 1 | Caractéristiques des semences et paramètres de désinfection à la vapeur des quatre espèces de plantes aromatiques et médicinales testées

Espèces (variété)	Mauve (Fenaco BIO) <i>Malva sylvestris</i> L.	Guimauve (Fenaco BIO) <i>Althaea officinalis</i> L.	Thym vulgaire 'Varico 3' <i>Thymus vulgaris</i> L.	Pimprenelle (Fenaco BIO) <i>Pimpinella peregrina</i> L.
				
Poids de mille grains	4,3 g	3,0 g	0,25 g	0,27 g
Année de production des semences	2008 et 2009*	2008 et 2009*	2008 et 2010	2008 et 2010*
Température de désinfection	Test 2009: 68 °C Test 2010–2011: 63 - 68 °C		Test 2009: 68 °C Test 2010–2011: 60 - 63 - 68 °C	
Durée de désinfection	Test 2009: 60 - 90 - 120 - 150 secondes Test 2010–2011: 60 - 120 - 180 secondes			
Nombre de graines par procédé	4 répétitions de 50 graines			

*Lots supplémentaires, fortement contaminés par des champignons, testés en 2011. Sur les photos, un petit carré équivaut à 1 mm.

(fig. 2), qui permet de désinfecter à la vapeur d'eau aérée de très petits lots de graines déposées sur un filet de nylon. L'eau de condensation peut ainsi s'égoutter et les graines sont donc exposées au minimum à l'humidité. La température de désinfection est mesurée précisément, stabilisée et peut être modifiée en fonction des besoins de l'essai. Les graines sont déposées en une seule couche sur des papiers-filtres, eux-mêmes disposés sur le filet nylon pour des raisons pratiques. Après désinfection, les papiers-filtres sont mis à sécher quelques minutes à l'air ambiant, sous un flux laminaire.

Contamination et faculté germinative

Les graines désinfectées ont été semées dès que possible sur deux supports différents: boîte de Petri (Bacto-Agar et eau) et terreau (tabl. 2). Le second se rapprochant des conditions réelles avec un substrat organique du commerce, il permet de valider les résultats sur Agar.

Pour chaque procédé, le taux de contamination par des champignons pathogènes, le taux de germination et la vitesse germinative ont été comparés à un témoin non traité.

La contamination par *Alternaria sp.* a été déterminée séparément en raison de sa présence régulière et

abondante dans les lots, tandis que les autres espèces étaient décomptées ensemble, en raison de leur très faible présence (*Colletotrichum*, *Rhizopus*, *Mucor*) ou de leur détermination impossible sans les mettre en culture (*Fusarium*). Le taux de contamination n'a été déterminé que sur milieu Agar. Les comptages débutent dès l'apparition des premières colonies et se poursuivent durant trois jours. Dès 2010, les taux de contamination des lots de semences choisis en 2009 étaient trop faibles; plusieurs lots de semences (mauve, guimauve et pimprenelle) sélectionnés pour leur forte contamination ont été ajoutés au test en 2011.

Le taux de germination a été mesuré durant vingt et un jours, une graine comptant comme germée dès l'étalement complet des cotylédons (fig. 3).

La vitesse de germination (VG) est exprimée par $VG = \sum(n \times j) / N$ où n = le nombre de graines germées par période d'incubation exprimée en jours (j) et N = le nombre total de graines germées à la fin de l'essai (Ranal et Santana 2006).

Pour vérifier l'effet de la température sans apport de vapeur sur les graines de mauve et de guimauve, des tests complémentaires ont été effectués en étuve Horo (tabl. 3).



Figure 2 | Installation de laboratoire pour la désinfection des semences à la vapeur aérée.



Figure 3 | Jeunes pousses d'*Althaea officinalis* L. avec semences désinfectées à la vapeur aérée (à gauche) et sans désinfection (à droite).

Tableau 3 | Paramètres de levée de dormance en étuve chauffée (Horo) des semences de deux espèces de plantes aromatiques et médicinales

	Mauve (Fenaco BIO) <i>Malva sylvestris</i> L.	Guimauve (Fenaco BIO) <i>Althaea officinalis</i> L.
Année de production des semences	2008	2008
Températures de l'étuve	68 °C	
Durées de traitement	120 - 180 - 300 secondes	
Nombre de graines par procédé	4 répétitions de 50 graines	

Tableau 2 | Conditions de culture des deux milieux de semis des semences désinfectées

Support de culture	Lieu	Photopériode	T nocturne (°C)	T diurne (°C)	T d'aération (°C)
Boîtes de Petri: Bacto Agar (10 g/l) + eau	Germinateur Conviron	16h	18	22	–
Bacs de semis: terreau du commerce Brill 3	Serre	Jour naturel	20	22	24

Séchage et conservation

Sur mauve, guimauve et thym en 2009 et 2010, certaines variantes ont favorisé le développement d'un germe de quelques millimètres déjà moins de vingt-quatre heures après la DVA, ce qui rend un semis mécanisé impossible. Le séchage des graines après DVA a donc été testé en 2011 sur les lots de mauve et de guimauve désinfectés 120 secondes à 68 °C et sur le thym désinfecté 120 secondes à 63 °C. Immédiatement après la DVA, trois variantes ont été appliquées :

- air ambiant (25 °C) sous flux laminaire;
- étuve Horo à température ambiante (25 °C + ventilation);
- étuve Horo tempérée (37 °C + ventilation).

Pour chaque variante, les graines ont été séchées jusqu'au taux d'humidité mesuré avant désinfection. Quatre répétitions de vingt-cinq graines de chaque variante ont été semées sur milieu Agar. Les taux de contamination et les facultés germinatives ont été observés selon le même protocole que pour la désinfection.

Pour évaluer la conservation à moyen terme (1–5 ans) des semences désinfectées et séchées à l'air ambiant, une partie des lots de semences désinfectés en 2010 (T0) a été stockée à 6 °C et 60 % d'humidité relative. En 2011 (T+1), nous avons semé une partie de ces lots sur milieu Agar et comparé le niveau de contamination et la faculté germinative aux données de T0 (semis 24 h après DVA).

Tableau 4 | Effet de la désinfection à la vapeur aérée (DVA) sur le taux de contamination (%) des semences de guimauve et mauve (lots de 2008)

Espèce	T (°C)	Durée (s)	% <i>Alternaria sp.</i>			% autre mycélium			
			2009	2010	2011	2009	2010	2011	
<i>Althaea officinalis</i> Guimauve lot 2008	Témoin	non traité	76 a	26 ab	11 ns	27 ns	8 ns	1 ns	
		60		30 a	8 ns		2 ns	0 ns	
		120		25 ab	7 ns		2 ns	0 ns	
	63	180		18 ab	8 ns		5 ns	0 ns	
		60	49 b	15 ab	4 ns	42 ns	9 ns	0 ns	
		120	48 b	12 ab	4 ns	31 ns	7 ns	0 ns	
	68	180		6 b	2 ns		6 ns	0 ns	
		Témoin	non traité	28 a	7 a	3 a	29 a	9 a	5 a
		63	60		1 b	0 b		1 b	1 b
120			0 b	0 b		1 b	5 a		
180			0 b	1 b		2 b	0 b		
<i>Malva sylvestris</i> Mauve lot 2008	68	60	5 b	1 b	0 b	11 b	1 b	1 b	
		120	6 b	0 b	0 b	18 ab	2 b	0 b	
		180		0 b	0 b		0 b	0 b	

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$) par espèce et par année. ns = non significatif.

Résultats et discussion

Efficacité de la DVA contre les pathogènes

La DVA a une efficacité partielle sur le taux de contamination des semences de mauve et guimauve (tabl. 4). En 2009, lorsque la pression des pathogènes était la plus haute, la DVA a permis de réduire de 30 à 50 % la contamination des semences de guimauve et de 80 à 90 % celle des semences de mauve. De 2009 à 2011, l'augmentation de l'âge des graines a également permis de réduire considérablement les contaminations des semences. Entre 2009 et 2010, les contaminations des témoins non traités de guimauve et mauve ont en effet diminué de près de 70 %, la durée de vie des spores étant naturellement limitée dans le temps. De ce fait, en 2010 et 2011, les contaminations sur mauve et guimauve ont été trop faibles pour confirmer les résultats obtenus en 2009 avec la DVA. Le stockage à moyen terme (dès trois ans) en conditions optimales (6 °C, 60 % d'humidité relative) des semences non désinfectées pourrait donc être un moyen simple de réduire le risque de transmission des pathogènes par les semences, sous réserve du maintien d'une bonne faculté germinative des PAM.

L'efficacité de la DVA s'est confirmée sur les lots de semences contaminées de mauve et guimauve ajoutés au test en 2011 (tabl. 5). Pour les deux espèces, elle a réduit significativement les contaminations par *Alternaria sp.* sans toutefois assainir totalement les graines. >

Tableau 5 | Effet de la désinfection à la vapeur aérée (DVA) sur les contaminations et la germination des semences de guimauve et mauve (lots de 2009, très contaminés) en 2011

Espèce	T (°C)	Durée (s)	Contamination (%)		Germination		
			<i>Alternaria</i>	Autres	TG (%)	VG (jours)	
<i>Althaea officinalis</i> Guimauve 2009	Témoin	non traité	23 a	3 ns	67 b	4,1 ns	
		60	14 b	0 ns	79 a	3,5 ns	
		120	14 b	1 ns	75 ab	4,2 ns	
	63	180	10 b	1 ns	78 ab	4,4 ns	
		60	12 b	1 ns	81 a	4,0 ns	
		120	13 b	0 ns	82 a	3,6 ns	
	68	180	10 b	0 ns	75 ab	4,0 ns	
		Témoin	non traité	44 a	0 ns	48 c	6,7 a
		63	60	3 b	10 ns	65 b	3,8 b
120	2 b		2 ns	67 b	4,1 b		
180	7 b		0 ns	65 b	5,1 ab		
<i>Malva sylvestris</i> Mauve 2009	68	60	4 b	5 ns	72 b	3,2 b	
		120	3 b	0 ns	90 a	5,2 ab	
		180	4 b	2 ns	80 ab	3,6 b	

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$) par espèce. ns = non significatif.

Au vu de ces résultats, un traitement à la DVA de 120 secondes à 68°C des semences de mauve et guimauve peut être recommandé pour la lutte contre les champignons pathogènes. Sur les semences de thym et pimprenelle, la DVA montre des résultats très variables selon les lots et aucun paramètre optimal ne peut être préconisé.

Influence de la DVA sur la germination

L'effet de la DVA sur la germination des semences de PAM varie en fonction des espèces et des lots. Pour la guimauve, les variantes traitées ont montré une augmentation de 20 % des germinations par rapport au témoin non traité (tabl. 5 et 6). Pour la mauve, l'augmentation des germinations varie selon l'année entre 20 et 45 %. De plus, la DVA a parfois accéléré la germination de ces deux espèces (tabl. 6). Parmi les *Malvaceae*, de nombreuses espèces ont une dormance de type physique, due à un tégument imperméable (Baskin et Baskin 1998; Poljakoff-Mayber *et al.* 1992; Ellis *et al.* 1985). Leurs graines doivent subir une altération physique pour pouvoir absorber l'eau nécessaire à la germination. La DVA offre donc un avantage non négligeable pour ces espèces dont le taux de germination est souvent inférieur à 50 %.

En 2009 et 2010 toutefois, la DVA a provoqué la germination prématurée de la mauve, de la guimauve et du thym. Un germe d'environ 1 mm était visible moins de 24 h après désinfection et avant le semis sur milieu.

Tableau 6 | Effet de la désinfection à la vapeur aérée (DVA) sur le taux (TG) et la vitesse de germination (VG) des semences de guimauve et mauve (lots de 2008)

Espèce	T (°C)	Durée (s)	TG (%)			VG (jours)		
			2009	2010	2011	2009	2010	2011
<i>Althaea officinalis</i> Guimauve 2008	Témoin	non traité	74 b	67 b	78 b	8 a	7 ns	6 a
	63	60		90 a	90 a		7 ns	4 b
		120		85 a	94 a		7 ns	3 b
		180		91 a	97 a		7 ns	4 b
	68	60	93 a	90 a	94 a	6 b	7 ns	4 b
		120	90 a	91 a	98 a	6 b	8 ns	4 b
180			86 a	94 a		7 ns	4 b	
<i>Malva sylvestris</i> Mauve 2008	Témoin	non traité	41 b	30 b	39 b	6 ns	8 a	5 ns
	63	60		69 a	53 ab		6 ab	6 ns
		120		75 a	54 ab		6 ab	5 ns
		180		79 a	70 a		6 ab	5 ns
	68	60	79 a	77 a	66 a	7 ns	5 b	5 ns
		120	72 a	78 a	65 a	6 ns	5 b	6 ns
180			75 a	66 a		5 b	5 ns	

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$) par espèce et par année. ns = non significatif.

Ces semences avaient été laissées quelques minutes à température ambiante jusqu'au séchage apparent et n'ont probablement pas retrouvé leur taux d'humidité initial.

Ces résultats nous ont amenés à vérifier le rôle de l'humidité sur la levée de dormance. Les tests complémentaires en étuve Horo ont démontré que le fait d'augmenter la température sans apport de vapeur permet de lever la dormance physique de la mauve et de la guimauve (tabl. 7). Comme avec DVA, les variantes chauffées augmentent de 20 % le taux de germination de la guimauve et de 50 % celui de la mauve par rapport au témoin non traité. Toutefois, sans l'effet combiné de l'humidité, cette technique n'a aucune efficacité contre les champignons pathogènes sur les semences (résultats non présentés).

La DVA sur les semences de thym et de pimprenelle, de petite taille et aux téguments perméables, peut influencer négativement leur germination (tabl. 8). De manière générale, plus la température augmente, plus la faculté germinative est altérée. Sur semences de basilic, Buser et Heller (2010) indiquent également une diminution de la germination des graines après traitement à 68°C. Pour le thym de notre essai, une désinfection de plus de 60 secondes à 68°C a toujours défavorisé la germination. La faculté germinative des lots les plus vieux (2008) de thym et pimprenelle a été plus fortement pénalisée par l'élévation des températures et de la durée de traitement. L'âge semble donc jouer un rôle important dans la sensibilité des semences de thym et pimprenelle à la DVA. Toutes les variantes de DVA testées ont altéré la germination des semences de pimprenelle. Cette technique n'est donc pas recommandée pour cette espèce.

Tableau 7 | Effet de la température (68 °C) sans apport de vapeur sur la germination des semences de guimauve et mauve (lots de 2008)

Espèce	Variante		TG (%)	VG (jours)
<i>Althaea officinalis</i> Guimauve 2008	Témoin	non chauffé	73 c	5,9 a
	Témoin DVA	68°C 120 s	98 a	5,1 b
	Etuve Horo	68°C 120 s	91 b	5,1 b
		68°C 300 s	91 b	5,2 b
<i>Malva sylvestris</i> Mauve 2008	Témoin	non chauffé	24 b	7,5 a
	Témoin DVA	68°C 120 s	48 a	7,0 a
	Etuve Horo	68°C 120 s	42 a	7,5 a
		68°C 180 s	48 a	7,7 a
68°C 300 s		54 a	5,4 b	

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$) par espèce.

Dans tous les cas, un test préliminaire pour chaque lot est recommandé avant d'envisager une désinfection de semences commerciales de PAM à la vapeur aérée.

Séchage

Contrairement à 2009 et 2010, aucune semence traitée à la DVA en 2011 n'a germé trop hâtivement. Par conséquent, l'efficacité du séchage contre cette problématique n'a pas pu être vérifiée. Toutefois, le séchage des semences après DVA n'a pas eu d'effet indésirable sur les contaminations et les facultés germinatives des semences désinfectées de mauve, guimauve et thym. Les variantes de séchage ne sont pas significativement différentes (tabl. 9). Nous recommandons donc la variante

en étuve tempérée (37 °C + ventilation) qui a l'avantage de réduire de moitié la durée de séchage par rapport à l'air ambiant, tout en sachant que cette durée dépend bien sûr du volume du lot à sécher.

Conservation

Les taux de contamination des semences de mauve et guimauve désinfectées en 2010 (T0) stockées durant un an sont très variables à T+1 (tabl.10) et ne suivent pas

Tableau 8 | Effet de la désinfection à la vapeur aérée (DVA) sur le taux (TG) et la vitesse de germination (VG) des semences de pimprenelle (lot de 2008) et de thym (lots de 2008 et 2010)

Espèce	T (°C)	Durée (s)	TG (%)			VG (jours)			
			2009	2010	2011	2009	2010	2011	
<i>Pimpinella peregrina</i> Pimprenelle 2008	Témoin	non traité	39 a	56 a	39 a	11 b	12 ab	10 b	
		60	60	44 a	20 b		10 ab	9 b	
		120	120	26 b	23 b		13 ab	12 ab	
	63	180	180	10 c	19 b		20 ab	13 ab	
		60	60	51 a	25 b		10 ab	10 b	
		120	120	28 b	14 bc		13 ab	16 ia	
	68	180	180	4 c	2 c		25 a	17 a	
		60	60	31 ab	12 c	7 bc	10 b	18 ab	16 a
		120	120	14 cd	1 c	1 c	16 a	9 b	14 ab
	<i>Thymus vulgaris</i> Thym 2008	Témoin	non traité	83 a	61 ab	66 a	6 c	7 b	7 d
			60	60	73 a	66 a		7 b	6 d
			120	120	73 a	58 a		8 b	9 cd
63		180	180	70 a	55 a		8 b	11 bc	
		60	60	59 ab	60 a		7 b	7 d	
		120	120	66 a	52 a		7 b	8 d	
68		180	180	55 ab	29 b		9 b	13 b	
		60	60	79 a	68 a	56 a	9 b	9 b	9 cd
		120	120	78 a	45 b	14 b	8 b	16 a	17 a
<i>Thymus vulgaris</i> Thym 2010		Témoin	non traité		96 ab	95 a		8 b	4 c
			60	60	100 a	92 a		8 b	7 bc
			120	120	95 ab	94 a		8 b	5 bc
	63	180	180	94 ab	88 a		9 b	8 b	
		60	60	91 ab	97 a		9 b	5 bc	
		120	120	92 ab	93 a		10 b	6 bc	
	68	180	180	89 b	92 a		10 b	7 bc	
		60	60	92 ab	91 a		9 b	7 bc	
		120	120	82 c	73 b		13 a	14 a	

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P < 0,05) par espèce et par année.

Tableau 9 | Influence de trois variantes de séchage après DVA sur les contaminations, le taux (TG) et la vitesse de germination (VG) des semences de guimauve, mauve et thym en 2011 (lots de 2008)

		Contamination		Germination	
		% <i>Alternaria</i>	% autre	TG (%)	VG (jours)
<i>Althaea officinalis</i> Guimauve 2008	Flux 25 °C	0 ns	0 ns	97 ns	5,1 ns
	Etuve 25 °C	1 ns	0 ns	96 ns	5,2 ns
	Etuve 37 °C	2 ns	1 ns	96 ns	5,1 ns
<i>Malva sylvestris</i> Mauve 2008	Flux 25 °C	0 ns	1 ns	65 ns	6,3 ns
	Etuve 25 °C	1 ns	0 ns	56 ns	6,1 ns
	Etuve 37 °C	0 ns	0 ns	58 ns	5,9 ns
<i>Thymus vulgaris</i> Thym 2008	Flux 25 °C	0 ns	0 ns	58 ns	9,2 ns
	Etuve 25 °C	0 ns	0 ns	53 ns	7,9 ns
	Etuve 37 °C	0 ns	0 ns	52 ns	7,8 ns

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P < 0,05) par espèce. ns = non significatif.

Tableau 10 | Taux de contamination des semences de guimauve et mauve désinfectées à la DVA, en 2010 (T0) puis en 2011 (T+1) après 1 an de conservation à 6 °C et 60 % d'humidité relative

Espèce	T (°C)	Durée (s)	% <i>Alternaria</i>		% autres		
			T0	T+1	T0	T+1	
<i>Althaea officinalis</i> Guimauve 2008	Témoin	0	26 a	4 b	8 ns	10 ns	
		60	30 a	3 b	2 b	34 a	
		120	25 a	3 b	2 ns	17 ns	
	63	180	18 a	2 b	5 b	19 a	
		60	15 ns	4 ns	9 ns	15 ns	
		120	12 ns	2 ns	7 b	34 a	
	68	180	6 ns	0 ns	6 ns	7 ns	
		Témoin	0	7 ns	0 ns	9 ns	8 ns
		63	60	1 ns	0 ns	1 ns	1 ns
120	0 ns		0 ns	1 ns	1 ns		
180	0 ns		0 ns	2 ns	1 ns		
68	60	1 ns	0 ns	1 ns	1 ns		
	120	0 ns	1 ns	2 ns	0 ns		
	180	0 ns	0 ns	0 ns	2 ns		

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P < 0,05) entre T0 et T+1 par pathogène. ns = non significatif.

toujours la même tendance qu'à T0. Dans certains cas, la contamination des variantes traitées est significativement plus élevée que celle du témoin non traité. Cette incohérence pourrait s'expliquer par une contamination ultérieure à la DVA, pendant le stockage ou lors des diverses manipulations durant le test. Il se peut également que la germination de spores, jusque-là latentes, soit favorisée par la DVA et l'exposition prolongée à l'humidité due au séchage à l'air ambiant. La DVA doit donc s'effectuer au fur et à mesure des besoins. Ces résultats sont toutefois à considérer avec prudence en raison des taux de contamination très faibles à T+1.

Les résultats (non présentés) de la germination en 2011 (T+1) sont comparables à ceux d'un semis 24 h après DVA (T0). Donc, si pour diverses raisons les semences désinfectées devaient être stockées, notons que jusqu'à douze mois après traitement, la DVA n'altère pas la viabilité des semences et que la levée de dormance des semences de mauve et guimauve se maintient.

Conclusions

- La désinfection à la vapeur aérée (DVA) permet de réduire partiellement la contamination par les pathogènes sur les semences de mauve et guimauve. En cas de forte contamination, une DVA de 120 secondes à 68 °C suivie d'un séchage ventilé à 37 °C peut être recommandée.

Remerciements

Nos remerciements vont à V. Michel pour la détermination des pathogènes, à C. Etienne, A. Sportes et G. Montemuro, étudiants au Lycée agricole du Valentin (F) et à la société mediSeeds sarl pour les lots de semences nécessaires à ces essais.

Bibliographie

- Baskin C. & Baskin J., 1998. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, London, 666 p.
- Buser H. & Heller W., 2010. Désinfection des semences de basilic avec de la vapeur ventilée. *Le Maraîcher* 6, 21.
- Champion R., 1997. Identifier les champignons transmis par les semences. INRA, Paris, 398 p.
- Ellis R. H., Hong T. D. & Roberts E. H., 1985. Handbook of Seed Technology for Genebank. Volume II. Compendium of Specific Germination Information and test Recommendations. International Board for Plant Genetic Resources, Chap 46.
- Heller W. & Razavi E., 2007. Des semences de légumes saines grâce à la vapeur? *Le Maraîcher* 5, 10–11.
- Heller W. & Zoller C., 2010. Désinfection des semences de basilic: un vrai défi. *Recherche Agronomique Suisse* 1 (5), 190–193.

- Le taux de germination de ces deux espèces est considérablement augmenté par la DVA. Une exposition de quelques minutes à une température de 68 °C sans vapeur ajoutée permet également de lever la dormance des semences de mauve et guimauve et ainsi d'améliorer la germination des lots peu contaminés.
- Pour les semences de thym, une désinfection au-delà de 60 secondes à 68 °C est défavorable à la germination.
- Les facultés germinatives des semences de pimprenelle sont fortement altérées par la DVA. Celle-ci n'est donc pas recommandée pour cette espèce.
- La pression des pathogènes diminue avec l'augmentation de l'âge des graines. En production biologique, le stockage à 6 °C et 60 % d'humidité relative de semences non désinfectées est une solution intéressante pour réduire les contaminations par des champignons pathogènes.
- Avant une désinfection massive à la vapeur aérée, un test préliminaire est recommandé pour chaque lot de semences commerciales. ■

- Koch E., Schmitt A., Stephan D., Kromphardt C., Jahn M., Krauthausen H.-J., Forsberg G., Werner S., Amein T., Wright S. A. I., Tinivella F., Gullino M. L., Roberts S. J., van der Wolf J. & Groot S. P. C., 2010. Evaluation of non-chemical seed treatment methods for the control of *Alternaria dauci* and *A. radicina* on carrot seeds. *European Journal of Plant Pathology* 127, 99–112.
- Michel V., 2005. First report of anthracnose caused by *Colletotrichum orbiculare* f. sp. from *A. officinalis* of marsh mallow (*Althaea officinalis*) in Switzerland. Note. *Plant Disease* 89, 687–687.
- Poljakoff-Mayber A., Somers G. F., Werker E. & Gallagher J. L., 1992. Seeds of *Kosteletzkya virginica* (Malvaceae): their structure, germination, and salt tolerance. I. Seeds structure and germination. *American Journal of Botany* 79 (3), 249–256.
- Rana M. A. & Santana D. G., 2006. How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica* 29 (1), 1–11.
- Schmitt A., Koch E., Stephan D., Kromphardt C., Jahn M., Krauthausen H.-J., Forsberg G., Werner S., Amein T., Wright S.A.I., Tinivella F., van der Wolf J. & Groot S.P.C., 2009. Evaluation of non-chemical seed treatment methods for the control of *Phoma valerianellae* on lamb's lettuce seeds. *Journal of Plant Diseases and Protection* 116 (5), 200–207.
- Tosi L., Buonauro R. & Cappelli C., 2004. Occurrence of Anthracnose Caused by *Colletotrichum malvarum* on *Althaea officinalis* in Italy. *Plant Disease* 88 (4), 425.

Summary
Disinfection with aerated steam, a solution for organic seeds of aromatic and medicinal plants?

There is currently no disinfection method for organic seeds of aromatic and medicinal plants. From 2009 to 2011, Mediplant tested the disinfection with aerated steam (DAS) on seeds of common mallow (*Malva sylvestris* L.), marsh mallow (*Althaea officinalis* L.), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and burnet saxifrage (*Pimpinella peregrina* L.). The DAS showed a partial efficacy on various pathogens on the seeds of common and marsh mallow. The best disinfection was achieved at 68 °C for 120 seconds. The DAS significantly improved the germination rate. The breaking of dormancy, and thus an improved germination rate could also be achieved by exposing the seeds to 68 °C during two to five minutes without steam. For the thyme and burnet saxifrage, the efficiency of the DAS could not be tested because the disease pressure was too low. Furthermore, the germination rate of the seeds of these two species was negatively affected by the DAS by treatments with longer duration and higher temperatures: for thyme seeds, when the treatment exceeded 60 seconds at 68 °C, and in any case for burnet saxifrage seeds. The drying of the seeds at 37 °C after DAS treatment is recommended to avoid the risk of too early germination immediately after the disinfection.

Key words: *Malvaceae*, seed disinfection, aerated steam treatment, germination.

Zusammenfassung
Desinfektion mit belüftetem Dampf, eine Lösung für biologisches Saatgut von Medizinal- und Aromapflanzen?

Zur Zeit steht keine Desinfektionsmethode für biologisches Saatgut verfügbar. Von 2009 bis 2011 hat Mediplant die Desinfektion mit belüftetem Dampf (DBD) auf Saatgut von Malve (*Malva sylvestris* L.), Eibisch (*Althaea officinalis* L.), Thymian (*Thymus vulgaris* L.) und Bibernelle (*Pimpinella peregrina* L.) getestet. Bei Samen von Malve und Eibisch hat die DBD eine Teilwirkung auf verschiedene Pilzkrankheiten gezeigt, mit einem Optimum bei 68 °C während 120 Sekunden. Mit der DBD wurde aber auch die Keimfähigkeit bedeutend verbessert. Die Aufhebung der Dormanz und somit eine verbesserte Keimfähigkeit des Saatgutes konnte ebenfalls mit einer Erhitzung des Saatgutes auf 68 °C während zwei bis fünf Minuten ohne Dampfzufuhr erreicht werden. Für Thymian und Bibernelle konnte die Effizienz der DBD nicht getestet werden, da der Krankheitsbefall zu gering war. Weiter wurde die Keimfähigkeit des Samens dieser beiden Arten durch die DBD bei längerer Behandlungsdauer und höheren Temperaturen negativ beeinflusst, d.h. für Thymiansamen eine Behandlungsdauer von mehr als 60 Sekunden bei 68 °C. Für Saatgut von Bibernelle hat sich die DBD immer negativ ausgewirkt. Die Trocknung des Saatgutes bei 37 °C nach einer DBD-Behandlung wird empfohlen, um das Risiko von zu früher Keimung direkt nach einer DBD-Behandlung zu vermeiden.

Riassunto
Disinfezione ventilata al vapore; una soluzione per le sementi biologiche di piante medicinali e aromatiche?

Attualmente i produttori di piante medicinali e aromatiche (PAM) non dispongono di alcun mezzo per la disinfezione delle sementi in coltura biologica. Dal 2009 al 2011 Mediplant ha testato la disinfezione ventilata al vapore (DV) su quattro specie di PAM: malva (*Malva sylvestris* L.), altea comune (*Althaea officinalis* L.), timo (*Thymus vulgaris* L.) e tragoselino calcatrippa (*Pimpinella peregrina* L.). Sulle sementi di malva e altea comune la DV ha mostrato un'efficacia parziale contro le funghi patogeni, con parametri ottimali fissati a 120 secondi a 68 °C. Inoltre, il tasso di germinazione delle sementi trattate aumentava del 20–45 % secondo i lotti. La levata della dormienza, e quindi l'incremento del tasso di germinazione di queste due specie, è stato pure ottenuto esponendo le sementi per qualche minuto a una temperatura di 68 °C senza l'apporto di vapore. Su timo e tragoselino calcatrippa l'efficacia della DV sui patogeni non ha potuto essere verificata. Inoltre, le facoltà germinative di queste due specie sono state alterate da temperature o durate di disinfezione elevate. Un trattamento di oltre 60 secondi a 68 °C si è rivelato negativo nel caso del timo, mentre qualunque combinazione dei parametri ha influito negativamente sulla germinazione del tragoselino calcatrippa. L'essiccazione delle sementi a 37 °C dopo un trattamento DV è consigliata per evitare il rischio di germinazione prematura.