

Suppression des adventices par les couverts végétaux: différents facteurs analysés

Frédéric Tschuy, Aurélie Gfeller, Roger Azevedo, Caroline Khamissé, Lydie Henriet et Judith Wirth
Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 1260 Nyon, Suisse
Renseignements: Judith Wirth, e-mail: judith.wirth@agroscope.admin.ch



Vue d'ensemble de l'essai au champ. (Photo: Frédéric Tschuy)

Introduction

Depuis de nombreuses années, l'implantation des cultures intermédiaires, notamment des couverts végétaux, augmente sur le territoire helvétique et est encouragée par les autorités suisses. Les cultures intermédiaires sont des végétaux implantés entre deux cultures principales et ne sont pas destinées à être récoltées (Arvalis 2011). Elles rendent des services écosystémiques, comme la réduction de la lixiviation, la fourniture d'azote à la culture suivante, la réduction de l'érosion, l'amélioration de la structure et des propriétés hydriques du sol, la réduction de la pression parasitaire sur les cultures et l'empêchement du développement des adventices (Justes *et al.* 2012). Plusieurs facteurs interviennent dans la suppression des adventices par les couverts végétaux. Il y a d'une part la concurrence pour les

ressources, c'est-à-dire pour l'eau, les éléments nutritifs et la lumière, et d'autre part des éventuels effets allélopathiques des cultures implantées. L'allélopathie est définie comme tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante sur une autre, par le biais de composés biochimiques libérés dans l'environnement (Rice 1984). La plupart du temps il s'agit d'un effet inhibiteur d'une plante (donneur) sur le développement (germination et croissance) d'une autre plante (receveur). Les composés allélochimiques peuvent être libérés des plantes donneuses par volatilisation, lessivage des feuilles, décomposition des résidus ou exsudations racinaires. La grande difficulté est de séparer les facteurs de compétition pour les ressources des effets allélopathiques. Plusieurs auteurs estiment que cela est pratiquement impossible dans des systèmes naturels (He *et al.* 2012; Inderjit et del Moral 1997).

Pour mettre en évidence le phénomène d'allélopathie, la plupart des essais sont effectués en laboratoire ou en serre en conditions contrôlées. De nombreuses études utilisent des méthodes d'extraction à l'eau ou à l'éthanol des parties aériennes et/ou des racines pour des tests de germination avec des graines de cresson ou de laitue par exemple (Kalinova et Vrchatova 2009). En conditions naturelles, l'étude est plus complexe car les interactions biotiques et abiotiques du sol peuvent influencer la présence des composés allélopathiques. De même, les multiples formes de concurrence entre les plantes sont susceptibles de masquer les effets allélopathiques recherchés (Inderjit et Callaway 2003). Pour l'étude présentée ici, les trois espèces choisies (sarrasin, sorgho et moutarde brune) sont connues pour leur forte suppression des adventices pendant leur culture au champ (Kumar *et al.* 2009; Tominaga et Uezu 1995; Weston *et al.* 2013). Le but de cet essai au champ est de comprendre pourquoi les cultures intermédiaires vivantes suppriment les adventices et de mettre au point un système permettant de séparer les différents facteurs de concurrence, notamment l'ombrage, des éventuels phénomènes allélopathiques, afin de pouvoir ensuite caractériser et évaluer différentes espèces ou variétés de couverts végétaux sur ce dernier critère. Une fois un phénomène d'allélopathie prouvé, nous chercherons à identifier et à quantifier les composés allélochimiques dans le sol.

Matériel et méthodes

Matériel végétal utilisé

Les semences ont été obtenues auprès de Semences UFA. Il s'agit des espèces et variétés suivantes: *Fagopyrum esculentum* Moench (sarrasin, variété Lileija), *Sorghum bicolor* Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf (sorgho hybride, variété Haykin) et *Brassica juncea* (moutarde sarepta, variété Vitasso). Les graines d'*Amaranthus retroflexus* (amarante réfléchie) ont été fournies par Herbiseed (Twyford, Angleterre).

Mise en place de l'essai au champ

Après un labour à 22 cm de profondeur réalisé le 5 août 2013, les trois espèces ont été semées le 6 août 2013 sur un sol limono-argileux (29,1 % d'argile, 42 % de limon, 28,9 % de sable, MO 2,2 %, pH 8). Le précédent cultural était de la luzerne (*Medicago sativa*) semée le 30 mars 2012. Les couverts végétaux ont été semés avec un espace interligne de 12,5 cm aux densités suivantes: sarrasin 75 kg/ha, sorgho hybride 60 kg/ha et moutarde sarepta 10 kg/ha. Chaque culture était semée dans un bloc de 48 m² divisé en quatre plates-bandes de superfi- ➤

Résumé

Les cultures intermédiaires représentent une technique culturale de plus en plus répandue en Suisse en raison de leurs services écosystémiques, dont la suppression des adventices. Ce phénomène peut être expliqué par l'action conjointe de facteurs de compétition (pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs) et des éventuels phénomènes allélopathiques (interactions biochimiques entre les plantes). Pour mieux comprendre les phénomènes de suppression des adventices par les couverts végétaux, nous avons mis en place un essai au champ permettant de mesurer l'effet de trois couverts sur la croissance des adventices, notamment de l'amarante. De plus, nous avons tenté de comprendre le rôle des différents facteurs de suppression par l'installation d'un nouveau dispositif expérimental. Il s'agissait d'étudier séparément l'effet dû à la compétition pour la lumière par les couverts et l'effet dû aux phénomènes allélopathiques suite à des interactions racinaires entre les couverts et les amarantes. Durant cette première année d'essai, la compétition pour la lumière a pu être fortement réduite; toutefois, pour des raisons méthodologiques, les interactions racinaires n'ont pas pu être totalement supprimées au champ. Les résultats intermédiaires ont montré le rôle important de la concurrence pour la lumière dans le contrôle des adventices au champ. En revanche, le rôle de l'allélopathie n'a pas encore pu être observé.



Figure 1 | Variantes expérimentales B et D dans le couvert de sarrasin le 28 août (23 JAS). Entre deux filets se trouvent deux tuyaux en pvc et deux anneaux avec chacun 5 plantes d'amarante. Les filets écartent le feuillage pour éviter l'ombre sur les amarantes.

cie identique. Un témoin sol nu de la même surface a été préparé similairement. Un apport de 50 kg N (nitrate d'ammoniaque 27,5 %)/ha a été apporté le 12 août (7 JAS (= jours après semis) sur l'ensemble de l'essai. Pour la variante expérimentale séparation des rhizosphères, des tuyaux en pvc (profondeur 25 cm, diamètre 10 cm) ont été enfoncés dans l'interligne des cultures ainsi que sur le bloc sol nu (tabl. 1: variante C, D et F, N=8, Fig. 2B) le 6 août juste après le semis. Pour la variante expérimentale absence de séparation des rhizosphères, des anneaux en pvc (diamètre 10 cm) ont été positionnés dans l'interligne des cultures ainsi que sur le bloc sol nu afin d'assurer la même superficie pour les amarantes que dans les tuyaux (tabl. 1: variante A, B et E, N=8; fig. 2A). Le même jour, une trentaine de graines d'amarante réfléchies ont été semées dans les tuyaux et dans les anneaux. Le 23 août (18 JAS) les amarantes ont été éclaircies à cinq plants par



tuyau, et respectivement par anneau pour avoir une quantité homogène de plantes par variante. Pour la variante expérimentale ombrage sur les amarantes et pour étudier ainsi le facteur de concurrence pour la lumière, des filets rigides en métal (1,2 sur x 0,5 mètres, mailles 12 mm) ont été placés entre les lignes des cultures (tabl. 1: variante B et D, N=4; fig. 1) le 26 août (21 JAS).

Analyse de terre

Le 6 août, un échantillon de terre a été prélevé dans chaque bloc pour l'analyse des éléments P, K et Mg disponibles (extraits à l'eau) et en réserve (extraits à l'acétate d'ammonium + EDTA). Le 9 et le 27 septembre (35 et 53 JAS respectivement) le sol de chaque bloc a été analysé pour les éléments P, K et Mg disponibles (extraits à l'eau saturée en CO₂, selon Dirks-Scheffer). Le 3 et le 27 septembre (29 et 53 JAS respectivement) le N_{min} a été déterminé par chromatographie ionique (Agroscope ART et ACW 2010).

Mesures du PAR

Le PAR (*photosynthetically active radiation*) a été mesuré à différents moments durant l'essai (25, 31, 39, 45 et 49 JAS) avec un LI-191 Line Quantum Sensor (LI-COR Biosciences). Les mesures ont été faites à midi lorsque le soleil était à son zénith. Les PAR ont été déterminés aux niveaux de la canopée et du sol des différents couverts végétaux. La fraction du PAR interceptée (en %) a été calculée avec la formule suivante: $(1 - (\text{PAR niveau sol} / \text{PAR niveau canopée})) * 100$.

Détermination de la masse sèche des amarantes

Le 27 septembre (53 JAS), les amarantes présentes dans les tuyaux et dans les anneaux ont été coupées au niveau du sol, puis séchées pendant 24 heures à 50 °C. La masse sèche (MS) a été déterminée.



Figure 2 | A) Variantes expérimentales A, B, E avec anneau et B) tuyau en pvc avec variantes C, D, F le 28 août (23 JAS) dans le sol nu. Dans chaque anneau et tuyau se trouvent cinq plantes d'amarante.

Tableau 1 | Dispositif expérimental au champ. T = tuyaux en pvc, F = filet, - = absence, + = présence

variante expérimentale	séparation des rhizosphères	interactions racinaires	filet	ombrages sur les amarantes	présence d'un couvert végétal
A (-T, -F)	non	oui	non	oui	oui
B (-T, +F)	non	oui	oui	non	oui
C (+T, -F)	oui	non	non	oui	oui
D (+T, +F)	oui	non	oui	non	oui
E (-T)	non		-	non	non
F (+T)	oui		-	non	non

Détermination de la masse sèche des adventices

Le 7 août (2 JAS), quatre cadres de comptage (0,25 m²) ont été placés au hasard dans chaque bloc pour suivre le nombre et la biomasse des adventices dans les couverts durant l'essai. Le 1^{er} octobre (57 JAS) les adventices présentes dans ces cadres ont été déterminées, comptées et coupées au niveau du sol. Elles ont été ensuite séchées pendant 48 heures à 50 °C pour déterminer leur masse sèche.

Analyses statistiques

Les données ont été analysées avec R studio 3.0. Pour chaque espèce, un test de normalité des données (Shapiro-Wilk-test) a été effectué. L'homogénéité des variances a ensuite été vérifiée avec le test de Levene. Une analyse non-paramétrique a été réalisée à l'aide du package Rfit (*Rank-based Estimation for Linear Models*) (Kloke et McKean 2012). Pour le sarrasin et le sorgho, une correction des données par le logarithme a dû être faite. Finalement, le test de comparaison multiple de Bonferroni a été utilisé pour observer si les différences entre les groupes étaient significatives ($p \leq 0,5$).

Résultats et discussion

Suppression totale des adventices

La suppression des adventices par les trois cultures intermédiaires était quasi totale (tabl. 2). Dans les trois blocs semés avec les couverts végétaux, la croissance des adven-

tices était réduite de 99 à 100 % par rapport à celle des adventices sur le bloc sol nu. Ces observations correspondent à nos observations antérieures au champ (résultats non présentés) et à celles d'autres groupes de recherche (Kumar *et al.* 2009; Weston *et al.* 2013). Néanmoins, la présence d'adventices dans l'ensemble de l'essai était très faible en 2013 par rapport aux années précédentes. En 2012 par exemple, dans un autre essai, nous avons mesuré en moyenne 181 g d'adventices/0,25 m² dans le témoin sol nu, par rapport à seulement 64 g d'adventices/0,25 m² en 2013. Nous supposons que la culture d'un an et demi de luzerne a laissé un champ bien propre. Nous avons également constaté que la présence d'amarantes réfléchies dans notre essai était très faible par rapport à l'essai 2012. Dans les seize cadres de comptage présents (quatre par bloc) les espèces suivantes ont été déterminées: panic pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli*), chénopode blanc (*Chenopodium album*), chénopode polysperme (*Chenopodium polyspermum*), luzerne cultivée (*Medicago sativa*), euphorbe réveille-matin (*Euphorbia helioscopia*), capselle (*Capsella bursa-pastoris*), prêle des champs (*Equisetum arvense*) et laiteron rude (*Sonchus asper*). Les cadres présents sur le sol nu contenaient en moyenne onze plantes adventices.

Fertilité des sols

Au début de l'essai (06.08.13), la quantité des éléments nutritifs en réserve était satisfaisante (P et K) ou même riche (Mg) (tabl. 3A). Les quantités d'éléments nutritifs

Tableau 2 | La masse sèche (MS) des adventices par 0,25 m² a été déterminée 57 jours après semis. Les valeurs sont les moyennes de 4 répétitions \pm erreur standard. Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents à $p < 0,05$. Les pourcentages suivis par une étoile sont significativement différents de la matière sèche des adventices sur sol nu

couverts végétaux	MS adventices/0,25 m ² (g)	réduction par rapport au témoin sol nu (%)
moutarde	0,09 \pm 0,0 a	-100*
sorgho	0,73 \pm 0,4 a	-99*
sarrasin	0,15 \pm 0,0 a	-100*
sol nu	64,03 \pm 9,2 b	

Tableau 3 | A) Les éléments nutritifs en réserve dans le sol ont été déterminés à la mise en place de l'essai le 06.08. B) Les éléments nutritifs disponibles dans le sol ont été déterminés le 06.08, le 09.09 et le 27.09. C) Le N_{\min} a été mesuré le 03.09 et le 27.09. 50 kg N (nitrate d'ammoniac 27,5 %)/ha a été apporté le 12.08

A	éléments nutritifs en réserve (mg/kg)		
	P	K	Mg
date	06.08		
moutarde	42	143	337
sorgho	47	144	340
sarrasin	49	149	289
sol nu	42	141	329

B	éléments nutritifs disponibles (mg/kg)								
	P			K			Mg		
date	06.08	09.09	27.09	06.08	09.09	27.09	06.08	09.09	27.09
moutarde	3,1	1,8	1,8	19,0	19,0	20,0	6,1	4,8	5,2
sorgho	3,4	2,0	2,2	19,3	16,0	17,0	7,1	5,6	5,8
sarrasin	2,5	1,8	1,7	19,8	16,0	17,0	7,4	6,0	6,2
sol nu	2,6	1,6	2,1	18,9	15,0	18,0	6,6	5,2	5,4

C	N_{\min} (kg N/ha)	
	03.09	27.09
moutarde	22,6	16,8
sorgho	34,4	23,8
sarrasin	31,4	23,2
sol nu	56,2	23,3

disponibles dans le sol étaient également suffisantes (facteur de correction selon la norme de fumure: 1,0) pour P et K pendant toute l'expérience, tandis que les teneurs en Mg étaient médiocres (facteur de correction selon la norme de fumure: 1,4) (tabl. 3B) (Sinaj et al. 2009). Néanmoins, sur la base de ces analyses, nous émettons l'hypothèse que l'ensemble des couverts végétaux était bien approvisionné en éléments nutritifs et qu'ils n'ont pas subi de carence. Pour les valeurs en azote, l'apport de 50 kg N/ha début août a permis de garantir en fin d'essai (mesure du 27.09) un taux d'azote optimal pour le développement des plantes (tabl. 3C). Les résultats montrent également que les teneurs en éléments nutritifs sont très similaires entre les différentes variantes expérimentales (dont le sol nu) durant toute la période de culture.

En résumé, une concurrence pour les principaux éléments nutritifs P, K, Mg et N était peu probable, car les plantes ont été suffisamment approvisionnées tout au long de l'expérience. Cependant, on ne peut pas exclure qu'il y ait eu des carences pour d'autres macronutriments et/ou pour des micronutriments, ou que les substances allélopathiques éventuellement présentes dans

le sol aient agi sur l'absorption des substances nutritives par les amarantes. Il a pu être montré que l'exsudation de la phytotoxine 8HQ (8-hydroxy-quinoline) de centaurée diffuse (*Centaurea diffusa* Lam.) facilite également l'absorption des métaux, notamment du fer (Tharayil et al. 2009). Pour connaître l'éventuel effet des exsudats racinaires des couverts végétaux sur l'absorption des éléments nutritifs de l'amarante, il est prévu de mesurer, dans notre prochain essai au champ, la teneur en éléments nutritifs des feuilles.

Effet de l'ombrage

Les mesures de la fraction PAR interceptée par les cultures intermédiaires réalisées entre 25 et 49 JAS montrent qu'à partir de 39 JAS les trois couverts végétaux interceptent la quasi-totalité de la lumière (entre 97 et 98 %, fig. 3, Sarrasin O, Sorgho O et Moutarde O). La canopée du sorgho (Sorgho O) a été la plus lente à se développer. Par contre, la présence des filets (fig. 1) a permis de réduire considérablement l'ombrage sur les amarantes (fractions PAR interceptées entre 0 et 9 %, fig. 3, Sarrasin F, Sorgho F et Moutarde F). Par la suppression de la concurrence pour la lumière, l'effet de l'om-

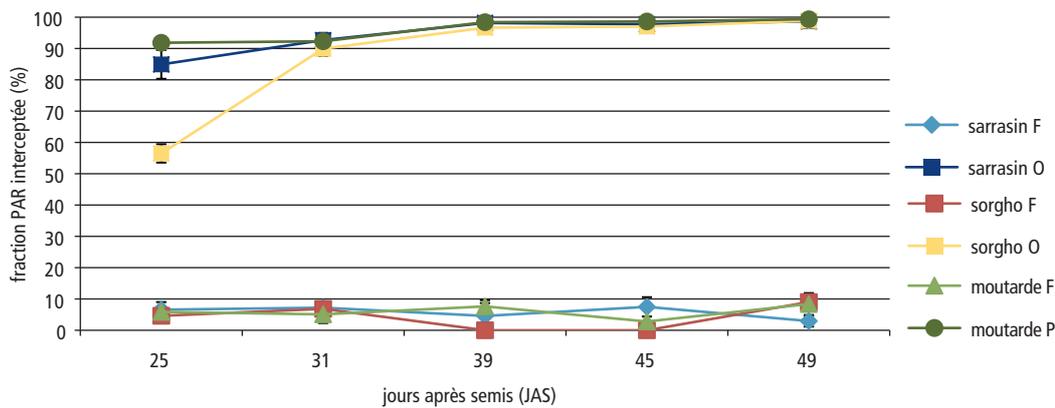


Figure 3 | La fraction PAR interceptée a été déterminée à midi entre les filets et sous les différents couverts végétaux 25, 31, 39, 45 et 49 JAS. Les valeurs sont les moyennes de 4 répétitions \pm erreur standard. F = filet, O = ombre.

brage des différents couverts sur la croissance de l'amarante a pu être étudiée. L'effet total de suppression de la croissance des amarantes, plus précisément le rapport entre les variantes expérimentales D (pas de concurrence pour la lumière, pas d'interactions racinaires) et A (fort ombrage, interactions racinaires), était élevé pour les trois couverts végétaux (entre 76 et 97 %) (tabl. 4A et B). Dans notre essai, la totalité de cette suppression s'expliquait par l'ombrage (tabl. 4B, effet de la lumière). Il semblerait donc que l'ombrage soit le facteur principal de l'inhibition de la croissance des amarantes.

Effet des interactions racinaires

L'essai au champ n'a pas démontré que les interactions racinaires avaient un effet suppressif sur le développement des amarantes (tabl. 4B, incidence du tuyau). A part pour la moutarde, la présence des tuyaux (sépara-

tion des rhizosphères) n'a pas eu un effet significatif sur la croissance des amarantes (moutarde -11 et -49 %, sorgho -15 et 48 %, sarrasin 18 et -10 % du rapport de la matière sèche de l'amarante entre les modalités présence et absence de tuyau) et ne peut donc pas expliquer une partie de l'effet total de suppression, contrairement à l'ombrage. L'essai réalisé au champ n'a sans doute pas permis techniquement de contrôler le facteur séparation de la rhizosphère. En effet, la séparation des rhizosphères par un tuyau, qui offrait l'avantage de pouvoir être enfoncé dans le sol après le semis sans devoir creuser et modifier la structure du sol, n'a pas permis d'éviter les contacts racinaires entre l'adventice et les différents couverts. La longueur de la racine pivotante de l'amarante aurait déjà dépassé la longueur du tuyau deux semaines après le semis (observation faite dans un essai ultérieur en phytotron). Les racines des couverts végé-

Tableau 4 | A) Matière sèche par amarante (mg) 53 JAS dans les trois couverts végétaux pour les variantes expérimentales A à D. Les valeurs sont les moyennes (\pm erreur standard) de 8 répétitions. T = tuyau plastique ; F = filet ; - = absence ; + = présence. B) Incidences (%) entre les variantes expérimentales. Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents à $p < 0,05$. Les pourcentages suivis par une étoile sont significativement différents

A	Matière sèche par amarante (mg)		
	sarrasin	sorgho	moutarde
A (-T -F)	24 \pm 9 a	232 \pm 49 a	34 \pm 12 a
B (-T +F)	670 \pm 191 b	1429 \pm 305 b	264 \pm 47 b
C (+T -F)	20 \pm 3 a	273 \pm 64 a	39 \pm 13 a
D (+T +F)	746 \pm 127 b	969 \pm 54 b	521 \pm 54 c

B	incidence totale (%) (D vers. A)	incidence de la lumière (%)		incidence du tuyau (%)	
		(B vers. A)	(D vers. C)	(C vers. A)	(D vers. B)
sarrasin	-97*	-96*	-97*	18	-10
sorgho	-76*	-84*	-72*	-15	48
moutarde	-93*	-87*	-93*	-11	-49*

taux sont donc entrées en contact avec les racines des amarantes. En raison de périodes sèches, les cultures ont pu souffrir d'un stress hydrique. La concurrence pour l'eau entre les adventices et les cultures intermédiaires ne peut donc pas être exclue. Il est démontré que la présence d'*Echinochloa crus-galli* (panic pied-de-coq) induit l'exsudation de molécules allélopathiques chez le riz (Zhao *et al.* 2005). Il est possible qu'il faille également une pression écologique des adventices pour inciter l'expression du potentiel allélopathique des cultures étudiées. La faible densité des adventices (surtout de l'amarante) lors de l'essai pourrait expliquer l'absence de l'effet des interactions racinaires sur la croissance de l'amarante. On peut également imaginer qu'un couvert dense de cultures intermédiaires qui se développe rapidement fait suffisamment d'ombre pour inhiber la croissance des adventices. Les couverts végétaux n'auraient donc pas «besoin» de produire des exsudats racinaires pour supprimer les plantes concurrentes, il faudrait donc considérer que des phénomènes allélopathiques ne sont pas observables sur l'ensemble de la durée de l'essai mais plutôt à des étapes clé du développement de la plante, en particulier dans les premiers stades de développement avant l'établissement d'un couvert dense.

Néanmoins, la suppression des adventices au champ ne semble pas s'expliquer seulement par le taux de couverture des cultures intermédiaires (Gebhard *et al.* 2013). Un essai réalisé en pot et phytotron avec les mêmes variantes expérimentales (durée 28 jours) a montré que les interactions racinaires entre l'adventice et le couvert végétal étaient nécessaires à la suppression de la croissance de l'amarante par le sarrasin et le sorgho. L'effet de la suppression de l'amarante a été supérieur lorsque l'interaction entre les racines était ajoutée au seul effet de l'ombrage. L'effet observé a été plus marqué chez le sarrasin que chez le sorgho. Dans l'essai en phytotron, la concurrence pour l'eau et les éléments nutritifs a été exclue par un arrosage et un apport nutritif optimal. A noter que la durée de l'essai en phytotron était plus courte que celle de l'essai au champ et que la canopée du sarrasin à 53 JAS au champ était plus dense que celle observée en chambre de culture à 28 JAS.

Conclusions

- Cet essai a été conduit pour séparer le phénomène allélopathique du facteur de concurrence pour la lumière au champ.
- le système mis en place a permis de supprimer efficacement l'ombrage créé par les couverts végétaux sur les adventices et a montré la part importante de la compétition pour la lumière entre les plantes concernées.
- La concurrence pour les nutriments a pu être contrôlée et n'était pas déterminant pour les résultats.
- L'eau a pu jouer un rôle marginal dans l'essai et il conviendrait de mieux gérer son influence.
- La séparation des systèmes racinaires n'a pas pu être garantie avec le système de séparation des zones racinaires par des tuyaux en plastique de 25 cm de hauteur.
- Des essais au champ supplémentaires sont nécessaires pour comprendre et prouver l'existence des phénomènes allélopathiques *in situ*. ■

Riassunto

Soppressione delle avventizie mediante coperture vegetali: diversi fattori analizzati

Le colture intercalari rappresentano una tecnica colturale sempre più diffusa in Svizzera grazie ai loro servizi ecosistemici, tra i quali la soppressione delle avventizie. Questo fenomeno può essere spiegato dall'azione congiunta di fattori di competizione (per acqua, luce ed elementi nutritivi) e di eventuali fenomeni allelopatici (interazioni biochimiche tra le piante). Per meglio comprendere i fenomeni di soppressione delle avventizie attraverso le coperture vegetali, abbiamo realizzato una prova in campo che permette di misurare l'effetto di tre coperture sulla crescita delle avventizie, in particolare, l'amaranto. Inoltre, abbiamo tentato di comprendere il ruolo dei diversi fattori di soppressione attraverso l'installazione di un nuovo dispositivo sperimentale. Si trattava di studiare separatamente l'effetto dovuto alla competizione per la luce attraverso le coperture e l'effetto dovuto ai fenomeni allelopatici in seguito a interazioni radicali tra le coperture e gli amaranti. Durante questo primo anno di prova, la competizione per la luce ha potuto essere fortemente ridotta; tuttavia, per ragioni metodologiche, le interazioni radicali non hanno potuto essere completamente sopresse in campo. I risultati intermedi hanno mostrato il ruolo importante della concorrenza per la luce nel controllo delle avventizie in campo, mentre non è ancora stato possibile osservare il ruolo dell'allelopatia.

Summary

Weed suppression by cover crops: analyzing different factors

Cover crops represent an increasingly widespread agricultural technique in Switzerland as they provide different ecosystem services. One important role of cover crops is weed control, which can be explained by resource competition (for water, nutrients and light) and allelopathic effects (biochemical interactions between plants). To better understand the phenomenon of weed suppression by cover crops, we set up a field experiment that has allowed us to measure the effect of three cover crops on weed growth, particularly amaranth. In addition, we tried to understand the role of different weed growth suppression factors by using a new experimental approach. It allowed us to study separately the factor of light competition by the plant cover and the allelopathic root interactions between the cover crops and the amaranth plants. In this first year of the trial, light competition could be strongly reduced, but root interactions in the field could not be prevented completely due to methodological reasons. The intermediate results have demonstrated clearly the important role of light competition for weed control in the field. The role of allelopathy in weed suppression by cover crops remains to be identified.

Key words: cover crops, weed suppression, buckwheat, sorghum, brown mustard, resource competition, allelopathy, root interactions.

Bibliographie

- Agroscope ART & ACW, 2010. Schweizerische Referenzmethoden der landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, Band 1
- Arvalis (2011) Cultures intermédiaires. Impacts et conduite. Arvalis Institut du végétal, 1–236 S.
- Gebhard C.A., Büchi L., Liebisch F., Sinaj S., Ramseier H. & Charles R., 2013. Screening de légumineuses pour couverts végétaux: azote et adventices. *Recherche Agronomique Suisse* 4 (9), 384–393.
- He H.B., Wang H.B., Fang C.X., Lin Z.H., Yu Z.M. & Lin W.X., 2012. Separation of Allelopathy from Resource Competition Using Rice/ Barnyardgrass Mixed-Cultures. *Plos One* 7 (5).
- Inderjit & del Moral R., 1997. Is separating resource competition from allelopathy realistic? *Botanical Review* 63 (3), 221–230.
- Inderjit & Callaway R.M., 2003. Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant and Soil* 256 (1), 1–11.
- Justes E., Beaudoin N., Bertuzzi P., Charles R., Constantin J., Dürr C., Hermon C., A. J., Le Bas C., Mary B., Mignolet C., Montfort F., Ruiz L., Sarthou J.P., Souchère V. & Tournebize J. (2012) Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires: conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques. INRA (France), 1–31 S.
- Kalinova J. & Vrchatova N., 2009. Level of Catechin, Myricetin, Quercetin and Isoquercitrin in Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), Changes of Their Levels during Vegetation and Their Effect on The Growth of Selected Weeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (7), 2719–2725.
- Kloke J.D. & McKean J.W., 2012. Rfit: Rank-based Estimation for Linear Models. *R Journal* 4 (2), 57–64.
- Kumar V., Brainard D.C. & Bellinder R.R., 2009. Effects of Spring-sown Cover Crops on Establishment and Growth of Hairy Galinsoga (*Galinsoga ciliata*) and Four Vegetable Crops. *Hortscience* 44 (3), 730–736.
- Rice E.L., 1984. Allelopathy. Academic Press Inc. (London) Ltd, London. p.
- Sinaj S., Richner W., Flisch R. & Charles R., 2009. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse d'agriculture* 41 (1).
- Tharayil N., Bhowmik P., Alpert P., Walker E., Amarasiriwardena D. & Xing B., 2009. Dual purpose secondary compounds: phytotoxin of *Centaurea diffusa* also facilitates nutrient uptake. *New Phytologist* 181 (2), 424–434.
- Tominaga T. & Uezu T., 1995. Weed Suppression by Buckwheat. *Current Advances in Buckwheat Research* 693–697.
- Weston L.A., Alsaadawi I.S. & Baerson S.R., 2013. Sorghum Allelopathy-From Ecosystem to Molecule. *Journal of Chemical Ecology* 39 (2), 142–153.
- Zhao H., Li H.B., Kong C.H., Xu X.H. & Liang W.J., 2005. Chemical response of allelopathic rice seedlings under varying environmental conditions. *Allelopathy Journal* 15 (1), 105–110.