

Augmentation de la biodiversité entomologique en verger de pommiers grâce aux bandes fleuries

Dominique FLEURY, HES-SO CHANGINS, 1260 Nyon, Suisse, et Emilie WAWRZYNIAK, HEPIA, 1254 Jussy, Suisse
Avec la collaboration de Noémie GAGNON-LUPIEN et Jean DUVAL, Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique (CETAB+), Victoriaville, Québec, Canada

Renseignements: Dominique Fleury, e-mail: dominique.fleury@changins.ch, tél. +41 22 363 40 43, www.changins.ch



Ichneumonidé sur un plant de féverole et Apodé butinant sur une fleur de phacélie.

Introduction

La pomme est l'un des trois fruits les plus consommés au monde (après la banane et les agrumes) et le plus important dans les climats tempérés. La production mondiale est estimée à 75 millions de tonnes pour une valeur, à la production, de 32 millions de dollars américains (FAO 2012). Les vergers sont des systèmes agricoles soumis à une forte pression de divers insectes ravageurs (*Cydia pomonella*, *Aphid* spp., *Panonychus ulmi*).

En production intégrée ou biologique, plusieurs techniques (confusion sexuelle, virus, prédateurs) sont utilisées pour contrôler les populations de ravageurs (Charmillot et Bloesch 1987). Cependant, lorsque la superficie du verger est trop petite ou les populations trop

importantes, les arboriculteurs doivent appliquer des pesticides (de synthèse ou biologiques) pour répondre aux exigences des consommateurs et pouvoir commercialiser leurs récoltes. L'utilisation répétée de certaines matières actives peut engendrer l'apparition d'individus résistants dans une population (Charmillot *et al.* 2001) ou réduire la population de prédateurs (Linder *et al.* 2006), amorçant ainsi le cercle vicieux des applications de pesticides.

En Suisse, depuis plus de vingt ans, les arboriculteurs implantent des surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) sur 3,5 % de la surface de leurs vergers (GTPI 2014). Ce geste sociétal est rémunéré par le gouvernement. Ces SPB offriraient un avantage supplémentaire si elles étaient implantées avec des végétaux attractifs pour les

auxiliaires (prédateurs et parasitoïdes) potentiellement actifs contre les populations de ravageurs de nos vergers. Cette stratégie est connue et se nomme «manipulation indirecte par modification du milieu» (Cloutier et Cloutier 1992). L'efficacité des bandes florales en termes de réduction des populations de ravageurs a déjà été étudiée et leur intérêt démontré (Duval 1993; Bostanian *et al.* 2004; Boreau de Roince 2010).

Matériel et méthodes

Site expérimental

Le verger est situé à Victoriaville (Québec, Canada) et couvre une surface de 5 ha. Les températures varient entre 15 et 28 °C en été et -5 et -18 °C en hiver. Les précipitations se situent entre 10 et 40 mm de mai à juillet et de 10 à 60 mm durant l'automne. Les analyses de sol indiquent les teneurs suivantes: calcaire actif 15 %; pH H₂O de 5,4 à 5,8; pH tampon de 6,2 à 6,6; taux de matière organique de 0,6 à 4,2 %. Depuis 2009, ce verger est exploité par le Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique (CETAB⁺) et conduit selon un cahier des charges biologique. Les variétés cultivées sont McIntosh et Lobo. Ce verger présentant une pente et une proximité avec un boisé, il nous a semblé judicieux de diviser la zone d'étude en quatre blocs aléatoires avec quatre répétitions pour chaque traitement (fig. 1).

Mélanges floraux

Trois variantes ont été comparées (tabl. 1 à 3): S = mélange de plantes «sauvages», C = mélange de plantes «cultivées» et T = témoin (végétation spontanée). Aucun de ces mélanges n'a été fauché durant la saison de végétation 2013.

Résumé Les bandes florales permettent de préserver la biodiversité et de lutter contre les insectes ravageurs grâce aux populations d'auxiliaires présents. Deux mélanges floraux ont été testés: «sauvage» et «cultivé». La floraison de chaque espèce a été relevée de façon hebdomadaire (de juin à septembre 2013) afin de déterminer quel mélange était le plus florifère et potentiellement attractif pour les insectes auxiliaires. Des captures ont été réalisées au filet-fauchoir deux fois par semaine (juillet et août 2013). Les cicadelles et coléoptères n'ont pas présenté de préférence pour l'un ou l'autre mélange. Les cécidomyies, diptères divers, drosophiles et hyménoptères parasitoïdes se sont montrés significativement plus attirés par le mélange cultivé. Les hémiptères et pollinisateurs, quant à eux, ont préféré sans distinction les deux mélanges au témoin. Le mélange cultivé semble prometteur pour augmenter la biodiversité entomologique en verger de pommiers.

Figure 1 | Disposition des blocs dans le verger expérimental (la flèche indique le haut de la pente).

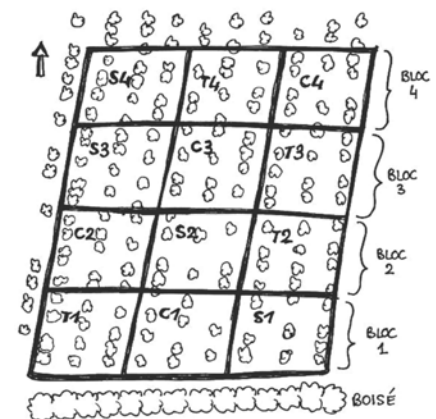


Tableau 1 | Mélange S avec les différentes proportions de chaque espèce

Nom vernaculaire	Nom latin	Poids	gr/g	Graines
Achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i>	14	6000	84 000
Angélique à tige pourpre	<i>Angelica atropurpurea</i>	100	190	19 000
Bident penché	<i>Bidens cernua</i>	30	750	22 500
Moutarde brune ou joncée	<i>Brassica juncea</i>	164	500	82 000
Dalée violette	<i>Dalea purpurea</i>	34	660	22 400
Julienne des dames	<i>Hesperis matronalis</i>	240	100	24 000
Mélilot jaune	<i>Melilotus officinalis</i>	149	570	85 002
Monarde fistuleuse	<i>Monarda fistulosa</i>	8	2800	22 400
Phacélie à feuilles de tanaisie	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	41	500	20 500
Silène arméria	<i>Silene armeria</i>	3	7813	23 438
Verge d'or	<i>Solidago canadensis</i>	6	3250	20 800
Zizia doré	<i>Zizia aurea</i>	211	390	82 290
	Total	1000		508 371

Insectes

Les captures au filet-fauchoir ont été réalisées de juillet à août 2013 durant le pic de floraison des mélanges. Le «chasseur» se plaçait au milieu de la bande florale et faisait décrire un tour complet au filet-fauchoir en tournant sur lui-même, en dix secondes. Les insectes capturés ont été conservés dans l'alcool à 70 % et identifiés au niveau de la famille à la loupe binoculaire (Stéréotec® 20/40) en laboratoire. Les effectifs capturés ont été analysés par mélange floral et diversité (familles), calculée à l'aide d'une adaptation de l'indice de Shannon (Margalef 1958)

$$H = - \sum Pi * \log (Pi)$$

où Pi = (nombre d'individus de la famille i) ÷ (effectif total N).

Les individus capturés ont été rassemblés par groupes basés sur les ordres (sauf exceptions dues au nombre de captures ou à la fonction éco-systémique): *Cecidomyiidae* (CECI), *Cicadellidae* (CICA), coléoptères (COLEO), *Drosophilidae* (DROSO), autres diptères (DIP), hémiptères (HEMI) sans cicadelles, hyménoptères (HYM) et pollinisateurs (POLL).

Analyses statistiques

Les logiciels R (Development Core Team 2013) et Minitab 16.0 ont été utilisés. Les graphiques ont été réalisés avec Microsoft Excel 2010. Les données regroupées qui n'étaient pas distribuées selon la loi normale ont subi différentes transformations (tabl. 4). Ces données transformées suivant une distribution de la loi normale, le modèle linéaire général (ANOVA) a pu être ensuite appliqué à chaque groupe. Finalement, les trois mélanges floraux ont été comparés deux à deux avec la méthode de regroupement de Tukey, pour une significativité de 0,05.

Résultats

Observation floristique

Dans le mélange S, six plantes sur treize ont fleuri: l'hespérus, la moutarde, l'achillée, le bidens, la vesce, le silène et la phacélie. Le silène et la phacélie ont montré les floraisons les plus abondantes. La moutarde et la vesce ont également fleuri de façon abondante, longue et stable. L'hespérus a visiblement été l'une des pre-

Tableau 2 | Mélange C avec les différentes proportions de chaque espèce

Nom vernaculaire	Nom latin	Poids	gr/g	Graines
Agastache fenouil	<i>Agastache foeniculum</i>	2	3388	6775
Anthémis des teinturiers	<i>Anthemis tinctoria</i>	1	6249	6249
Aster d'automne	<i>Symphyotricum novae-angliae</i>	3	2350	7050
Moutarde blanche ou rude	<i>Brassica hirta</i>	120	220	26432
Carotte	<i>Daucus carota</i>	30	800	24000
Sarrasin commun	<i>Fagopyron esculentum</i>	800	33	26432
Fenouil commun	<i>Feoniculum vulgare</i>	20	300	6000
Alysson maritime	<i>Lobularia maritima</i> (ou <i>Alyssum saxatile</i>)	5	1249	6244
Rudbeckie	<i>Rudbeckia hirta</i>	2	3280	6560
Saponaire	<i>Saponaria officinalis</i>	–	2449	–
Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i> Ladino	17	1709	29057
Féverole	<i>Vicia faba minor</i>	–	1	1000
	Total	1000		145799

Tableau 3 | Variante témoin (flore spontanée)

Nom du mélange	Espèce
T = témoin	Flore spontanée (estimation): – Pissenlits divers – Plantains divers – Gaillets divers – Graminées diverses – Chiendent – Trèfle blanc – Vesce

Tableau 4 | Transformations appliquées aux données

Abondance ou groupe	Transformation appliquée
Abondance totale	$\sqrt{(x + 0,5)}$
CECI	$\log(x + 1)$
CICA	$\log(x + 1)$
COLEO	aucune
DIP	$x + 1$
DROSO	$\sqrt{(x + 0,5)}$
HEMI	$\log(x + 1)$
HYM	$\log(x + 1)$
POLL	$\log(x + 1)$

mières plantes à fleurir au départ de la végétation, puis le développement des autres espèces semble l'avoir étouffé. La floraison de l'achillée n'a pas été très abondante, mais néanmoins relativement constante. Celle du bidens a été assez décevante en toute fin de saison.

Dans le mélange C, sept espèces sur treize ont fleuri: la rudbeckie, la carotte, la moutarde, l'alyse, l'anthémis, la féverole, le sarrasin et la vesce, spontanément apparue. Une seule plante a couvert l'ensemble de la saison de floraison: la vesce. La plante la plus florifère est l'alyse, dont la floraison a duré de mi-juin jusqu'à la fin de la saison. Le sarrasin a lui aussi montré une floraison remarquable (abondance et durée). La moutarde et la féverole ont fleuri abondamment de mi-juin à mi-juillet, avant de faiblir. La carotte, la rudbeckie et l'anthémis ont montré des floraisons un peu moins importantes mais plus concentrées sur la fin de la saison.

Relevé entomologique

Durant la saison de végétation 2013, au total, 6423 insectes ont été capturés, répartis dans huit différents groupes (tabl. 5). Cinq familles, totalisant 66 spécimens

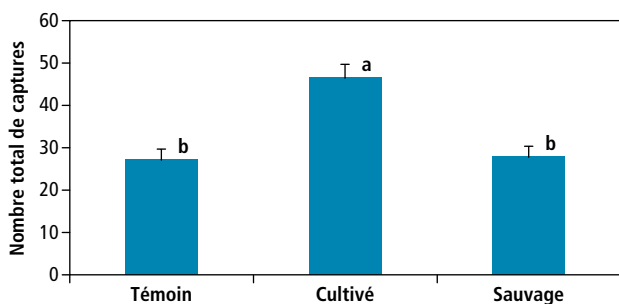


Figure 2 | Nombre total de captures en fonction du mélange floral (lettre différente = statistiquement significatif selon le test de Tukey).

(*Arachnidae* = 33, *Chrysopidae* = 3, *Lepidopterae* = 14, *Orthopterae* = 5, *Psocopterae* = 11), n'ont pas été analysées car leurs effectifs étaient trop faibles. Le mélange C a significativement ($p = 0,016$) attiré le plus grand nombre d'individus (fig. 2) et ce, quelle que soit la période de capture (à part un relevé en début de saison; fig. 3).

Tableau 5 | Groupes, familles et effectifs capturés

Groupes	Familles / super-familles	Effectifs
CECI	<i>Cecidomyiidae</i>	580
CICA	<i>Cicadellidae</i>	1070
COLEO	<i>Coccinellidae</i> <i>Curculionidae</i> <i>Staphylinidae</i>	126
DIP	<i>Anthomyiidae</i> <i>Anthomyzidae</i> (Czerny, 1903) <i>Asilidae</i> <i>Calliphoridae</i> (Brauer & Bergenstamm 1889) <i>Chyromyidae</i> <i>Culicidae</i> (Meigen, 1818) <i>Muscidae</i> <i>Tephritidae</i> <i>Tipulidae</i> (Latreille, 1802)	658
DROSO	<i>Drosophilidae</i>	2526
HEMI	<i>Anthocoridae</i> <i>Miridae</i> <i>Nabidae</i> <i>Pentatomidae</i>	342
HYM	<i>Braconidae</i> <i>Ceraphronidae</i> <i>Encyrtidae</i> <i>Eulophidae</i> <i>Figitidae</i> <i>Ichneumonidae</i> <i>Mymaridae</i> <i>Platygastridae</i> <i>Pteromalidae</i> <i>Torymidae</i> <i>Trichogrammatidae</i>	998
POLL	<i>Apoideae</i> <i>Syrphidae</i>	123

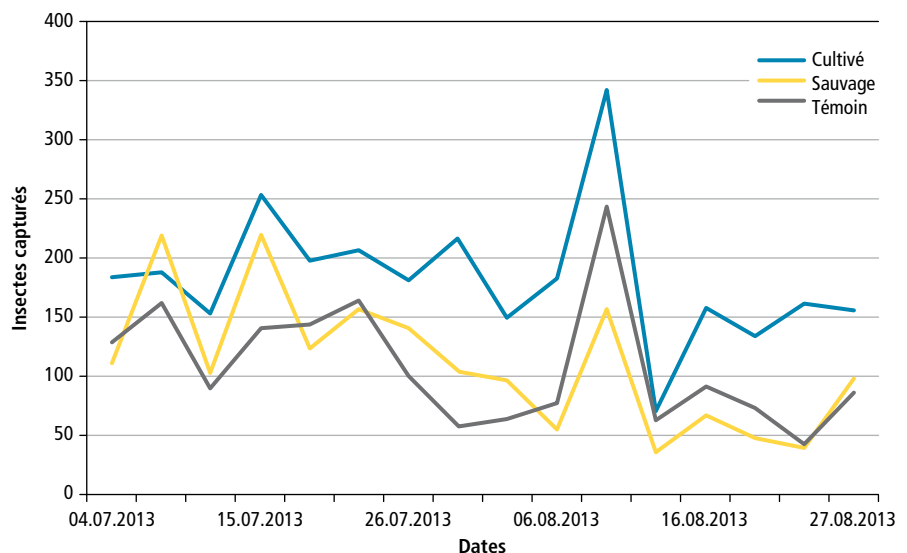


Figure 3 | Nombre total des captures pour chaque période d'échantillonnage.

Pour la diversité des espèces d'insectes présentes, les mélanges floraux se sont significativement ($p = 0,0041$) démarqués du témoin (fig. 4), mais sans se différencier significativement entre eux. Les analyses montrent des résultats différents selon les groupes d'insectes: les mélanges S ou C sont parfois préférés au témoin, ou l'un à l'autre (tabl. 6).

Discussion

Les deux mélanges floraux ont fourni des floraisons globalement abondantes et durables. Ce point est important, car de nombreux insectes floricoles ont besoin de nourriture avant d'entrer en diapause (Duval 1992). La moutarde a fait preuve d'une bonne capacité d'implantation et de floraison, conformément aux indications de Brisson *et al.* (1992), qui recommandent de l'utiliser comme source de nourriture pour les auxiliaires.

Dans le mélange S, la phacélie a eu une longue et abondante floraison; ce résultat est encourageant, car il a été démontré que cette plante pouvait contribuer à la lutte contre les ravageurs (tordeuses) dans différentes cultures. Avec le mélange C, l'alyse s'est particulièrement distinguée par sa floraison très abondante et sans faille tout au long de la saison; l'aptitude de cette plante à augmenter les taux de prédation et de parasitisme des auxiliaires sur les ravageurs des vignobles (lépidoptères) est déjà reconnue (Lu *et al.* 2014).

Le groupe HEMI a préféré les deux mélanges floraux, sans distinction, au témoin. Les punaises sont un groupe difficile à classer car elles peuvent être prédatrices et/ou ravageuses. Nous préférons donc souligner que les HEMI sont sensibles à l'augmentation de la biodiversité de façon générale. Une détermination au ni-

veau de la famille permettrait d'affiner les recommandations floristiques.

Les DIP semblent préférer le mélange C aux deux autres. Le niveau de précision est insuffisant pour pouvoir imputer cette attirance à l'une ou l'autre fleur. En effet, Romet (2005) signale que la carotte est attractive pour les auxiliaires des vergers, mais sans plus de précision sur les *Dipteræ* tels que les *Anthomyiidae*, *Anthomyzidae*, *Asilidae* et les autres familles que nous avons capturées. L'étude de cet auteur pourrait donc très bien ne pas les englober dans les «auxiliaires», d'autant plus que certaines familles de ce groupe ont un impact variable ou discutable sur les vergers, faisant même parfois partie des ravageurs (*Tephritidae*).

Le groupe DROSO a également montré une préférence pour le mélange C. Ce résultat ne va pas dans le sens souhaité, puisque la famille des *Drosophilidae* contient plusieurs ravageurs des cultures (Decoin *et al.* 2011). Il faudrait cependant déterminer jusqu'à l'espèce les individus capturés de ce groupe, car plusieurs membres de cette famille s'attaquent uniquement au fruit en décomposition et n'auraient donc pas de conséquences économiques.

Les POLL ont préféré les mélanges S et C au T. Ces résultats sont encourageants: les fleurs de S et C augmentent donc sensiblement les populations d'*Apoideae* et de *Syrphidae* dans le verger. Les *Apoideae* semblent réagir à la présence de fleurs en général plutôt qu'à une espèce en particulier, car ils ont besoin de pollen et de nectar à l'âge adulte (Duval 1992); la phacélie peut toutefois expliquer leur intérêt pour le mélange S, puisque l'attractivité de cette plante est connue pour cette super-famille (Lu *et al.* 2014). Les *Syrphidae* sont aussi réputés pour être des auxiliaires (fig. 5).

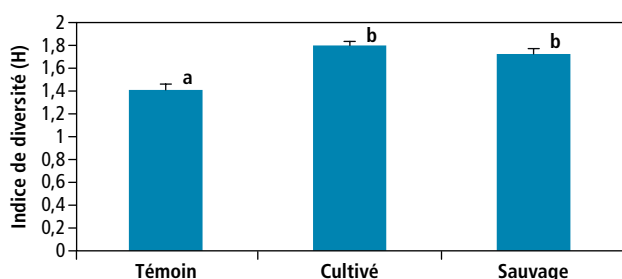


Figure 4 | Indice de diversité de Shannon-Weaver (H) en fonction du mélange floral (lettre différente = statistiquement significatif selon le test de Tukey).

Tableau 6 | Significativité de l'attractivité des mélanges pour les différents groupes (Tukey)

Groupes	p-valeur	Significativité
CECI	0,012	C > S
CICA	0,245	–
COLEO	0,206	–
DIP	0,013	C > S C > T
DROSO	0,012	C > S C > T
HEMI	0,001	C > T S > T
HYM	0,042	C > T
POLL	0,001	C > T S > T

Le groupe HYM a montré une préférence pour le mélange C par rapport au témoin. La présence de carottes peut expliquer cette attirance, ces plantes étant reconnues pour attirer respectivement les *Braconidae* et les *Ichneumonidae* (Brisson *et al.* 1992).



Figure 5 | Syrphidé sur une achillée millefeuille.

Conclusions

- La mise en place de bandes florales permet une augmentation générale de la biodiversité dans le verger.
- Leur attractivité sur les insectes présents dans le verger doit être étudiée plus en détail (détermination au niveau de l'espèce) avant d'affirmer qu'elles ont un effet bénéfique sur la gestion des ravageurs en pomiculture.
- Une étude quantitative comparant les dégâts sur pommes avec et sans bandes florales permettrait d'estimer l'intérêt pratique de mélanges floraux ciblés pour réduire l'utilisation des pesticides, afin de répondre aux exigences des consommateurs et aux contraintes économiques des arboriculteurs.
- Cette étude a démontré que les mélanges floraux testés ont permis d'augmenter significativement la biodiversité entomologique en verger de pommiers. Dans le contexte sociopolitique helvétique, ces résultats sont prometteurs pour entreprendre une gestion stratégique des SPB dans les agroécosystèmes. ■

Bibliographie

- Boreau de Roince C., Ricard J.-M., Garcin A., Jay M., Mandarin J.-F., Lavigne C. & Bouvier J.-C., 2010. Lutte biologique par conservation de la biodiversité: Fonctionnalité des auxiliaires vertébrés et invertébrés dans le contrôle des ravageurs du pommier (1^{re} partie). *Infos CTIFL* **263**, 10–15.
- Bostanian N. J., Goulet H., O'Hara J., Masner L. & Racette G., 2004. Towards Insecticide Free Apple Orchards: Flowering Plants to Attract Beneficial Arthropods. *Biocont. Sci. Technol.* **14** (1), 25–37.
- Brisson J. D., Frechette M., Drouin B. & Breton L., 1992. Les insectes prédateurs, des alliés dans nos jardins: comment mieux les reconnaître pour mieux les protéger? Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ), 48 p.
- Charmillot P.-J. & Bloesch B., 1987. La technique de confusion sexuelle: un moyen spécifique de lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **19** (2), 129–138.
- Charmillot P.-J., Gourmelon A., Fabre A.-L. & Pasquier D., 2001. Ovicidal and larvicidal effectiveness of several insect growth inhibitors and regulators on the codling moth *Cydia pomonella* L. (*Lep., Tortricidae*). *J. Appl. Entomol.* **126** (3), 147–153.
- Cloutier C. & Cloutier C., 1992. Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures. In: La lutte biologique. Vincent C. & Coderre D. Gaëtan Morin (eds), Boucherville, Canada, 19–88.
- Decoin M., Balmes V., Streito J.-C. & Picard C., 2011. *Drosophila suzukii* nouveau ravageur en France. *Phytoma-La Défense des végétaux* **640**, 19–20.
- Duval J., 1993. Plantes compagnes et couvre-sol floraux pour la lutte biologique des ravageurs en verger. *Ecological Agriculture Projects* Université McGill. Accès: <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-09.htm> [31 juillet 2014].
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2013. Commodities by country: apples. Accès: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> [31 juillet 2014].
- Groupe de travail pour la production fruitière intégrée (GTPI), 2014. Directives pour les PER et la production fruitière intégrée en Suisse. Fruit-Union Suisse (Zoug), 17 p.
- Linder C., Viret O. & Spring J.-L., 2006. Viticulture intégrée et bio-organique: synthèse de sept ans d'observations. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (4), 235–243.
- Lu Z. X., Zhu P. Y., Gurr G., Zhong X. S., Read D., Heong K. L., Yang Y. J. & Xu H. X., 2014. Mechanisms for flowering plants to benefit arthropod natural enemies of insect pests: prospects for enhanced use in agriculture. *Ins. Sci.* **21**, 1–12.
- Margalef R., 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.* **3**, 36–71.
- Romet L., 2005. Les bandes florales, précieuses alliées de nos cultures arboricoles. Institut technique de l'agriculture biologique. *Dossier spécial Bio-dynamie, Alter Agri* **73**, 13–15.

Summary

Increasing the entomological biodiversity with floral strips in apple orchard

Floral strips help preservation of biodiversity which may be useful to reduce the threat of pest insects with beneficials. Two blends of flowering plants were tested: "wild" and "cultivated". Every week (June to September 2013), the flowering degree of each species has been noted. Twice a week (in July and August), captures were realised with a sweep net. *Cicadellidae* and *Coleopterae* didn't show any preference for one treatment. *Cecidomyiidae*, several *Dipterae*, *Drosophilidae* and parasitoid *Hymenopterae* were sensibly attracted by cultivated blend. *Hemipterae* and pollinators manifested a greater interest for the floral strips than to the control. This study reveals that the cultivated blend seems promising to enhance biodiversity, which should help to control pest with beneficial insects.

Key words: biodiversity, floral strips, beneficial insects, apple orchard.

Zusammenfassung

Erhöhung der entomologischen Vielfalt in Apfelanlagen mithilfe von blühenden Wiesenbandflächen

Blühende Wiesenbandflächen sind ein Mittel zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, um Schadinsekten, mithilfe von dort anwesenden Nützlings-Populationen, zu bekämpfen. Zwei Blumenmischungen wurden getestet: «wild» und «kultiviert». Die Blütenperioden jeder einzelnen Art wurden wöchentlich erhoben (Juni bis September 2013), um zu bestimmen, welche Mischung am blütenreichsten und potenziell attraktivsten für Nutzinsekten war. Zweimal pro Woche wurden Fänge mit einem Insektennetz durchgeführt (Juli und August 2013). Zikaden und Käfer zeigten keine Bevorzugung für die eine oder die andere Mischung. Gallmücken, verschiedene Zweiflügler, Fruchtfliegen und parasitoiden Hautflügler zeigten eine deutlich höhere Anziehungskraft der kultivierten Mischung. Insekten der Ordnung der Schnabelkerfen und Bestäuber allgemein bevorzugten ohne Unterschied die beiden Mischungen im Vergleich zur Kontrolle. Die kultivierte Mischung sieht vielversprechend aus, um die biologische Vielfalt in Apfelanlagen zu erhöhen.

Riassunto

Aumento della biodiversità entomologica in meleto con l'aiuto di strisce di fiori

Le strisce di fiori sono un mezzo per conservare la biodiversità e di lotta contro gli insetti parassiti attraverso popolazioni presenti ausiliari. Due miscele floreali sono state testate: una «selvaggia» e una «coltivata». La fioritura di ogni specie è stata registrata ogni settimana (da giugno a settembre 2013) per determinare quale miscela è stata la più fiorifera e potenzialmente attraente per gli insetti ausiliari. Due volte per settimana (luglio e agosto 2013) si sono realizzate delle catture con l'aiuto di un retino. Le cicaline e i coleotteri non hanno mostrato alcuna preferenza per uno dei due trattamenti. I moscerini (cecidomie), mosche vari (ditteri), mosche di frutta e vespe (hymenopteri) parassitoide hanno mostrato significativamente maggiore attrazione per la miscela coltivata. Hemipteri e impollinatori hanno preferito indistintamente le due miscele piuttosto dell'erba cresciuta spontaneamente. La miscela coltivata sembra promettente per incrementare la biodiversità in meleto.