



Rapport annuel | Jahresbericht 2016

Plantes médicinales et aromatiques Medizinal- und Aromapflanzen

Auteurs

C.A. Carron, J. Vouillamoz, C. Baroffio



Impressum

Éditeur:	Agroscope Centre de recherche Conthey Route des Eterpys 18 1964 Conthey www.agroscope.ch
Renseignements:	catherine.baroffio@agroscope.admin.ch
Rédaction:	C.-A Carron, J. Vouillamoz, C Baroffio
Mise en page:	B. Demierre
Copyright:	© Agroscope 2016
ISSN:	2296-7230

Table des matières / Inhaltsverzeichnis

Introduction.....	4
Equipe / Team	5
Liste des publications et colloques / <i>Liste der Publikationen und Vorträge</i>	6
1. <i>Clinopodium nepeta</i> (L.) Kuntze & <i>Clinopodium menthifolium</i> (Host) Stace (ex- <i>Calamintha</i>).....	9
2. <i>Geum urbanum</i>	15
3. <i>Stevia rebaudiana</i>	20
4. Comparaison clonale <i>Mentha x piperita</i> / <i>Klonvergleich Mentha x piperita</i>	26
5. Sélection / <i>Züchtung</i>	38
6. Ravageurs.....	41

Introduction

Le présent rapport relate l'activité du groupe PMA plantes médicinales et aromatiques d'Agroscope IPV durant l'année 2016. Axés sur les interrogations et les soucis des praticiens, nos travaux tentent d'apporter des indications et des renseignements précis sur les espèces qui présentent des difficultés variétales ou culturales.

Des recherches sur la qualité des plantes, les techniques culturales et la comparaison variétale ont été réalisées en parallèle avec la domestication de nouvelles espèces et la sélection. La priorité de ces travaux est discutée dans un réseau de compétence (Forum Plantamont) constitué par la production suisse, l'industrie de transformation et la recherche. Que tous les acteurs de la filière des PMA trouvent ici l'expression de notre reconnaissance pour l'excellent esprit de collaboration dont ils nous gratifient.

Bonne lecture!

Einleitung

Der vorliegende Bericht beschreibt die Tätigkeiten der Forschungsgruppe Medizinal- und Aromapflanzen vom IPB von Agroscope im Jahr 2016. Unsere Arbeiten sind auf Fragestellungen der Praxis ausgerichtet und haben zum Ziel, Informationen und gezieltes Wissen über Pflanzenarten zu erarbeiten, die bezüglich Anbau und Sorteneigenschaften besonderen Herausforderungen darzustellen.

Nebst Forschungsarbeiten zu Sortenqualität und Anbau sowie Sortenvergleichen, wurden auch die Domestikation und Züchtung neuer Arten durchgeführt. Die Schwerpunkte dieser Tätigkeiten werden im Kompetenz-Netzwerk (Forum Plantamont) bestehend aus Schweizer Produzenten, Vertretern der Verarbeitungsindustrie und der Forschung diskutiert. Wir danken hiermit allen Akteuren des Medizinal- und Aromapflanzensektors für die hervor-ragende Zusammenarbeit und freuen uns auf die weiteren gemeinsamen Aktivitäten.

Wir wünschen viel Vergnügen beim Lesen!



Journée d'information chez Mäder Kräuter à Sant'Antonino (TI), 26 août 2016
Infotag bei Mäder Kräuter in Sant'Antonino (TI), 26. August 2016

Equipe / Team

Agroscope, Systèmes de production Plantes (PSP)
Groupe PMA - Plantes Médicinales et Aromatiques
 Centre de recherche Conthey
 Route des Eterpys 18, CH-1964 Conthey (VS)
 Tél.: +41 (0)58 481 35 11 – Fax.: +41 (0)58 481 30 17
 Site internet: www.agroscope.ch

Responsables / Verantwortliche



Catherine A. Baroffio
 Biologiste, cheffe de groupe Baies et PMA
catherine.baroffio@agroscope.admin.ch



Dr José F. Vouillamoz
 Biologiste, domestication et sélection
jose.vouillamoz@agroscope.admin.ch



Claude-Alain Carron
 Technicien, sélection,
 technique de culture
claude-alain.carron@agroscope.admin.ch



Dr Vincent Michel
 Agronome, protection
 des végétaux, maladies
vincent.michel@agroscope.admin.ch



Charly Mittaz
 Technicien, protection
 des végétaux, ravageurs
charly.mittaz@agroscope.admin.ch



Bénédicte Bruttin
 Auxiliaire technique
 Laboratoire (fin 2016)



David Farquet
 Apprenti horticulteur 3^e
 «plantes vivaces» (fin 2016)



Loïc Corvasce
 Apprenti horticulteur 2^e
 «plantes vivaces»
loic.corvasce@agroscope.admin.ch



Maël Bovey
 Apprenti horticulteur 1^e
 «plantes vivaces»
mael.bovey@agroscope.admin.ch

Un grand merci à nos auxiliaires et stagiaires en 2016 :

- Estelle Schneider, Ingénieure en Environnement EPFL et Master en Agronomie et Agroécologie
- Rita Ançay, laborantine
- Egyed Fruzsina, Corvinus University of Budapest
- Coline Braud, travail de bachelor, hepia de Genève
- Miranda Maëva, Licence Productions Agricoles Intégrées et Enjeux Environnementaux, AgroSup Montpellier

Liste des publications et colloques / Liste der Publikationen und Vorträge

Publications / Publikationen

- Carron C.-A., Vouillamoz J.F. & Baroffio C.A. 2016. Rapport annuel | Jahresbericht 2015. Plantes médicinales et aromatiques. Medizinal- und Aromapflanzen. Plantes Agroscope Transfer | N° 107
- Carron C.-A., Vouillamoz J.F. & Baroffio C.A. 2016. Swiss herbal Note 1. Technique de culture. Essais Bio3G. Plantes Agroscope Transfer | N° 112
- Carron C.-A., Baroffio C.A., Braud C. & M. Miranda. 2017. Swiss herbal Note 2. Rétrospective des ravageurs signalés dans les PMA (plantes médicinales et aromatiques) en Suisse en 2016. Plantes Agroscope Transfer | N° 159 (parution début 2017)
- Carron C.-A., Plaschy M., Vouillamoz J.F. & Baroffio C.A. 2017. Influence d'une couverture hivernale sur le rendement et la qualité de la menthe. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. (parution début 2017)
- György Z., Vouillamoz J.F. & Höhn M. 2016. Microsatellite markers reveal common East Alpine–Carpathian gene pool for the arctic–alpine *Rhodiola rosea* (Crassulaceae). *Plant Systematics and Evolution* 302(6):721-730
- Studer D. & Studer L. LUK Winterabdeckung von Minze mit Bändchengewebe. Bewerbung Grand-Prix 2016. 27p.
- Vouillamoz J.F., Wolfram-Schilling E., Carron C.-A. & Baroffio C.A. (2016). Evaluation agronomique et phytochimique de *Stevia rebaudiana* pour la culture en Suisse. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 48(6): 348-355

Exposés, colloques et voyages d'études / Seminare, Vorträge und Studienreisen

- Baroffio C.A. & Vouillamoz J.F. Neues aus der Forschung in MAP. Sant Antonino, Journée d'information plantes médicinales et aromatiques
- Baroffio C.A. & Vouillamoz J.F. Nouveautés de la recherche en plantes médicinales et aromatiques, Sant Antonino, Journée d'information plantes médicinales et aromatiques
- Carlen C. & Vouillamoz J.F. Symposium Breeding Research on Medicinal and Aromatic Plants BREEDMAP6 à Quedlinburg (D)
- Carron C.-A. Rendez-vous au jardin. La sexualité végétale (le safran). Musée national suisse, Château de Prangins
- Vouillamoz J.F. 6th International Congress of Aromatic and Medicinal Plants CIPAM. Symposium à Coimbra (Portugal)

Posters / Poster

- Baroffio C.A., Miranda M. & Carron C.-A. Etude de lutte contre *Melolontha m.* en cultures de PMA
- Braud C., Carron C.-A., Miranda M. & Baroffio C.A. Etude des *Longitarsus* sp. en cultures de PMA
- Braud C., Carron C.-A., Miranda M. & Baroffio C.A. Studie über *Longitarsus* sp. in MAP-Kulturen
- Carron C.-A., Vouillamoz J.F. & Baroffio C.A. Sexualité végétale: le safran (*Crocus sativus*)
- Carron C.-A., Vouillamoz J.F. & Baroffio C.A. La production suisse de safran
- McCardell J.H., Héritier J., Simonnet X. & Carlen C. *Peucedanum ostruthium* (L.) Koch: Morphological and phytochemical variability of twelve accessions from the Swiss alpine region
- Vouillamoz J.F., Carron C.-A., Baroffio C.A. & Carlen C. *Mentha x piperita* '541': DNA certification of peppermint in Switzerland by RAPD

Parcelles d'essais / Versuchspartzen

Domaine des Fougères

Situation: altitude 480 m
 Latitude: 46.12 N, longitude 7.18 E
 Sol: alluvions d'origine glaciaire, teneurs en calcaire moyennes (2 à 20 % CaCO₃ tot., pH 7-8) granulométrie: légère à moyenne, teneur en cailloux faible à moyenne, matière organique: 1,5 à 2%. Les nuances suivantes sont à relever selon les domaines:
 Fougères: sol léger à moyen, caillouteux, calcaire
 Irrigation: par aspersion

*Lage: 480 m über Meer
 Breitengrad: 46.12 N, Längengrad 7.18 E
 Boden: Gletscherablagerungen, mittlerer Kalkgehalt (tot. 2 bis 20 % CaCO₃, pH 7-8) Granulometrie: leicht bis mittel, Kiesvorkommen schwach bis mittel, organische Substanz: 1,5 bis 2%. Je nach Betrieb treten folgende Besonderheiten auf:
 Fougères: leichter bis mittelschwerer Boden, kies- und kalkhaltig
 Bewässerung: Beregnung*

Domaine de Bruson

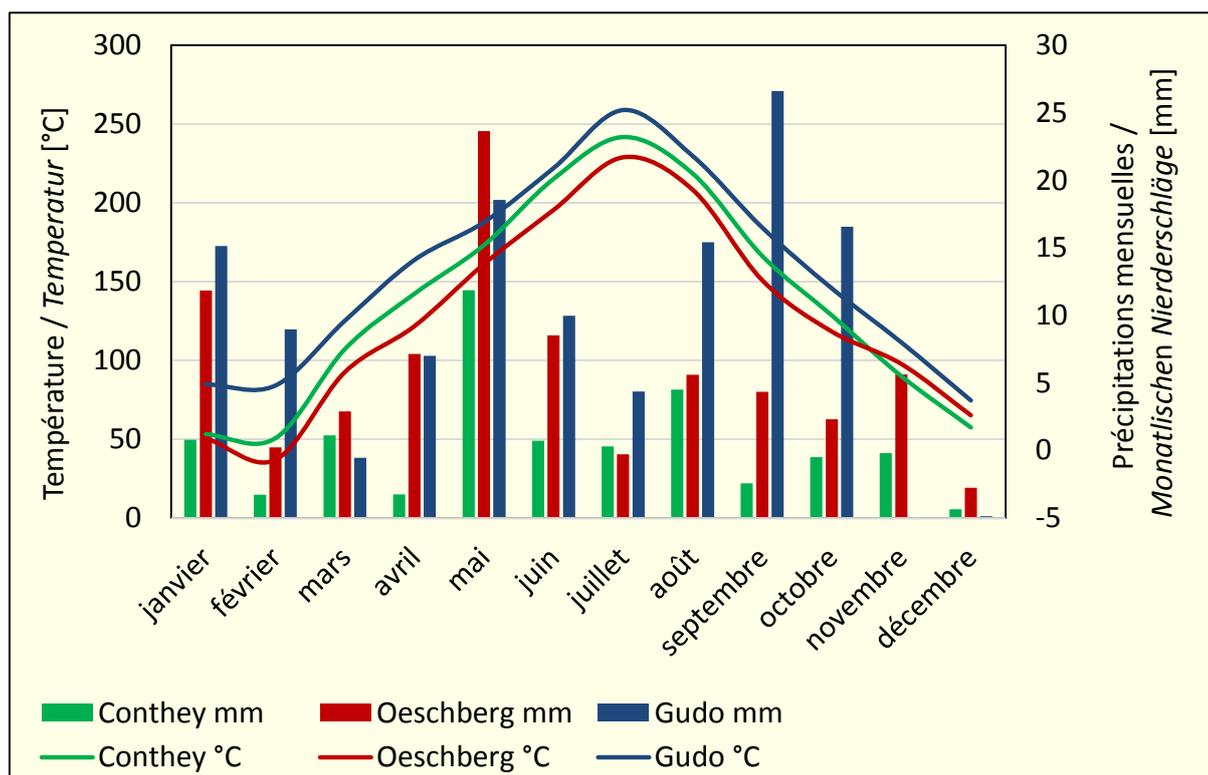
Situation: altitude 1060 m
 Latitude: 46.04 N, longitude 7.14 E
 Sol: plateau morainique, au sol moyennement léger et caillouteux, riche en matière organique (> 3,5 %) et légèrement acide (pH 6,5).
 Exposition: nord-est
 Pente: ± 10%
 Irrigation: par aspersion

*Lage: 1060 m über Meer
 Breitengrad: 46.04 N, Längengrad 7.14 E
 Boden: Moränengelände, Boden mässig leicht und kieshaltig, reich an organischer Substanz (> 3,5 %) und leicht sauer (pH 6,5).
 Exposition: Nordost
 Neigung: ± 10%
 Bewässerung: Beregnung*



Labour au domaine de Bruson (VS) en 2016; Pflügen auf einem Feld im Bruson 2016

La météorologie / Meteorologie



Courbes de températures et sommes mensuelles des précipitations à Conthey (VS), Oeschberg (BE) et Gudo (TI) en 2016
 Verlauf der monatlichen Temperaturen und Niederschläge in Conthey (VS), Oeschberg (BE) und Gudo (TI) im 2016
 [Daten : www.agrometeo.ch]

Bilan annuel 2016 [source: meteosuisse]

En 2016, la température en Suisse a dépassé la norme 1981-2010 de 0.7 degré. Moyennée sur l'ensemble de la Suisse, 2016 fait partie des 10 années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1864. L'année a débuté avec une douceur hivernale proche des records. Le Nord des Alpes a régionalement enregistré son premier semestre le plus pluvieux depuis le début des mesures. L'été n'est arrivé qu'en juillet, mais une chaleur inhabituelle s'est manifestée jusqu'en septembre. A la fin de l'année, à la suite de conditions anticycloniques persistantes avec une sécheresse record, le manque de neige en montagne a été frappant.

<http://www.meteosuisse.admin.ch/home/climat/actuel/rapports-climatiques.subpage.html/fr/data/publications/2017/1/bulletin-climatologique-ann%C3%A9-2016.html>

Jahresbilanz 2016 [Quelle: Meteoschweiz]

Das Jahr 2016 war in der Schweiz 0.7 Grad milder als die Norm 1981–2010. Im landesweiten Mittel gehört es zu den zehn wärmsten Jahren seit Messbeginn 1864. Das Jahr startete mit rekordnaher Winterwärme. Die Alpennordseite registrierte regional das niederschlagsreichste erstes Halbjahr seit Messbeginn. Der Sommer kam erst im Juli, verweilte dann aber mit ungewöhnlicher Wärme bis im September. Auf das Jahresende hin führte anhaltendes hochdruckwetter mit Rekordtrockenheit zu ausgeprägter Schneearmut in den Bergen.

<http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/gegenwart/klima-berichte.subpage.html/de/data/publications/2017/1/klimabulletin-jahr-2016.html>

1. *Clinopodium nepeta* (L.) Kuntze & *Clinopodium menthifolium* (Host) Stace (ex-*Calamintha*)

syn. *Calamintha nepeta* (L.) Savi, *C. glandulosa* (Req.) Benth., *Satureja nepeta* (L.) Scheele & syn. *Calamintha menthifolia* Host, *C. sylvatica* Bromf., *Satureja sylvatica* Bromf., *S. calamintha* (L.) Scheele subsp. *sylvatica* Bromf.

ESSAI / VERSUCH	
BUTS / ZIELE	<ul style="list-style-type: none"> Diversification. Faisabilité de la culture de deux espèces de <i>Clinopodium</i> (ex <i>Calamintha</i>) en zone de montagne <i>Diversifizierung. Machbarkeitsstudie zur Kultivierung von zwei Clinopodium-Arten (ex Calamintha) im Berggebiet</i> 1. Comparaison agronomique et phytochimique <i>Agronomischer und phytochemischer Vergleich</i>
SITE / ORT	Bruson
Procédés pour les essais 2014-2016 <i>Versuchsplan 2014-2016</i>	
TAXINOMIE BINOMIAL <i>BINOMISCHE TAXONOMIE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Clinopodium nepeta</i> <i>Clinopodium menthifolium</i>
NOMS VERNACULAIRES <i>VERNAKULARNAMEN</i>	<ul style="list-style-type: none"> Calament népéta, calament glanduleux, calament faux népéta, petit calament, sarriette calament <i>Kleinblütige Bergminze, Drüsige Bergminze</i> Calament commun, sarriette à feuilles de menthe, sarriette des bois / <i>Wald-Bergminze</i>
ORIGINE / HERKUNFT	<ul style="list-style-type: none"> Jelitto (D)
DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL <i>VERSUCHSANORDNUNG</i>	<ul style="list-style-type: none"> Plate-bande de 4 lignes. 30 cm x 25 cm. 9.4 plantes/m² <i>Beet mit 4 Reihen. 30 cm x 25 cm. 9,4 Pflanzen/m²</i>
DATE DE PLANTATION / <i>PFLANZUNGSDATUM</i>	<ul style="list-style-type: none"> 25 juin 2014 / 25. Juni 2014
DATES DE RECOLTES / <i>ERNTEDATUM</i>	<ul style="list-style-type: none"> 29 octobre 2014 / 29. Oktober 2014 16 juillet 2015 / 16. Juli 2015 29 septembre 2015 / 29. September 2015 8 août 2016 / 8. August 2016
PARAMETRES ANALYSES <i>ANALYSIERTE PARAMETER</i>	<ul style="list-style-type: none"> Rendements matière fraîche et sèche <i>Frisch- und Trockensubstanzerträge</i> 2. % de feuilles / <i>Blattanteil</i> 3. Teneur et composition de l'huile essentielle <i>Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls</i>

But

Le Calament népéta et le Calament commun sont deux Lamiacées vivaces, faciles à cultiver, mellifères et odorantes. *C. nepeta* est caractérisé par un arôme puissant, similaire à un mélange de menthe pouliot (*Mentha pulegium*) et de lavande, tandis que celui de *C. menthifolium* ressemble à un mélange de menthe et de marjolaine. Dans les pays méditerranéens, elles sont toutes deux utilisées traditionnellement pour la fabrication de tisanes aux herbes. Afin de tester leur faisabilité de culture et d'analyser leurs compositions, nous avons cultivé les deux espèces à Bruson.

Ziel

Die Kleinblütige Bergminze und die Wald-Bergminze sind zwei ausdauernde Lippenblütler, die leicht anzubauen sind, Honig erzeugen und duften. C. nepeta zeichnet sich durch ein starkes Aroma aus, ähnlich einer Mischung aus Polei-Minze (Mentha pulegium) und Lavendel, während C. menthifolium wie eine Mischung aus Minze und Majoran aussieht. Beide werden in Mittelmeerländern traditionell für die Herstellung von Kräutertees verwendet. Um die Machbarkeit des Anbaus zu testen und die Zusammensetzungen zu analysieren, haben wir beide Arten in Bruson angebaut.



***Clinopodium nepeta* (L.) Kuntze**
 syn. *Calamintha nepeta* (L.) Savi
Calamintha glandulosa (Req.) Benth
Satureja nepeta (L.) Scheele
Satureja calamintha (L.) Scheele subsp.
sylvatica Bromf



***Clinopodium menthifolium* (Host) Stace**
 syn. *Calamintha sylvatica* Bromf
Calamintha menthifolia Host
Satureja sylvatica Bromf

L'essai de Bruson, lors de la première récolte 2015, le 16 juillet.
 Versuch in Bruson, vor der ersten Ernte 2015 am 16. Juli.

Résultats / Resultate

Rendements en biomasse et en feuilles séchées de deux espèces de *Clinopodium* à Bruson en 2014, 2015 et 2016. Moyennes de 4 répétitions.

Ertrag an Biomasse und getrockneten Blättern der beiden *Clinopodium*-Arten in Bruson in den Jahren 2014, 2015 und 2016. Durchschnittswerte aus 4 Wiederholungen.

<i>Clinopodium</i> (<i>Calamintha</i>)	Poids sec / Trockengewicht [g/m ²]					Feuilles sèches Trockene Blätter [g/m ²]					Feuilles / Blätter [%]							
	2014		2015			2016	2014		2015			2016	2014		2015			2016
	1e réc.	1e réc.	2e réc.	total	1e réc.	1e réc.	1e réc.	2e réc.	total	1e réc.	1e réc.	1e réc.	2e réc.	total	1e réc.	1e réc.	2e réc.	total
<i>nepeta</i>	275	258	147	405	200	176	190	102	292	118	64.0	73.8	69.3	72.2	59.0			
<i>menthifolium</i>	289	216	173	389	275	177	132	119	251	158	61.3	61.0	68.8	64.5	57.6			

Teneurs et rendements en huile essentielle de deux espèces de *Clinopodium* à Bruson en 2014, 2015 et 2016. Moyennes de 4 répétitions.

Gehalte und Erträge an ätherischem Öl der beiden *Clinopodium*-Arten in Bruson in den Jahren 2014, 2015 und 2016. Durchschnittswerte aus 4 Wiederholungen.

<i>Clinopodium</i> (<i>Calamintha</i>)	Huile essentielle / Äth. Öl [%]					Huile essentielle / Äth. Öl [ml/m ²]						
	2014		2015			2016	2014		2015			2016
	1e réc.	1e réc.	2e réc.	moy.	1e réc.	1e réc.	1e réc.	2e réc.	moy.	1e réc.		
<i>nepeta</i>	1.11	1.00	1.08	1.03	1.44	1.95	1.90	1.10	3.00	1.70		
<i>menthifolium</i>	1.21	1.33	1.14	1.25	1.52	2.14	1.75	1.35	3.12	2.41		

Composition de l'huile essentielle de deux espèces de *Clinopodium* à Bruson en 2015. Mélange de quatre répétitions.
Zusammensetzung des ätherischen Öls der beiden Clinopodium-Arten in Bruson im Jahr 2015. Mischung aus vier Wiederholungen.

<i>Clinopodium</i> (<i>Calamintha</i>)	Composition de l'huile essentielle / <i>Zusammensetzung des ätherischen Öls</i>											
	limonène		1,8 Cinéol		Isomenthone		Isopulégol		Menthol/Pulégone		Carvone	
	1e réc.	2e réc.	1e réc.	2e réc.	1e réc.	2e réc.	1e réc.	2e réc.	1e réc.	2e réc.	1e réc.	2e réc.
<i>nepeta</i>	1.02	0.68	< DRL	< DRL	5.57	8.24	0.68	0.60	81.41	83.07	1.00	< DRL
<i>menthifolium</i>	4.84	4.84	0.30	< DRL	< DRL	< DRL	< DRL	< DRL	1.07	0.36	31.92	28.12

Composition de l'huile essentielle de deux espèces de *Clinopodium* à Bruson en 2016. Mélange de quatre répétitions.
Zusammensetzung des ätherischen Öls der beiden Clinopodium-Arten in Bruson im Jahr 2016. Mischung aus vier Wiederholungen.

<i>Clinopodium</i> (<i>Calamintha</i>)	Composition de l'huile essentielle / <i>Zusammensetzung des ätherischen Öls</i>															
	$\alpha+\beta$ Pinene	Limo- nene	1,8- Cineol	Men- thone	Isomen- thone	Cam- phor	Linalool	Bornyl acetate	β -Caryo- phyllen	Men- thol	Pule- gone	α -Hu- mulene	Terpi- neol	Borneol	Piperit one	Car- vone
<i>nepeta</i>	1.36	1.93	0.06	< DRL	2.72	< DRL	0.08	0.10	2.13	< DRL	81.98	0.32	0.11	0.07	< DRL	0.09
<i>menthifolium</i>	0.78	7.76	< DRL	0.09	< DRL	0.44	0.17	< DRL	3.86	< DRL	0.49	0.98	0.17	< DRL	< DRL	21.70



Analyse HPTLC (chromatographie sur couche mince CCM) : Résultats des flavonoïdes et des acides phénoliques de deux espèces de *Clinopodium*

HPTLC-Analyse (Dünnschichtchromatografie TLC): Ergebnisse zu den Flavonoiden und phenolischen Säuren der zwei Clinopodium-Arten

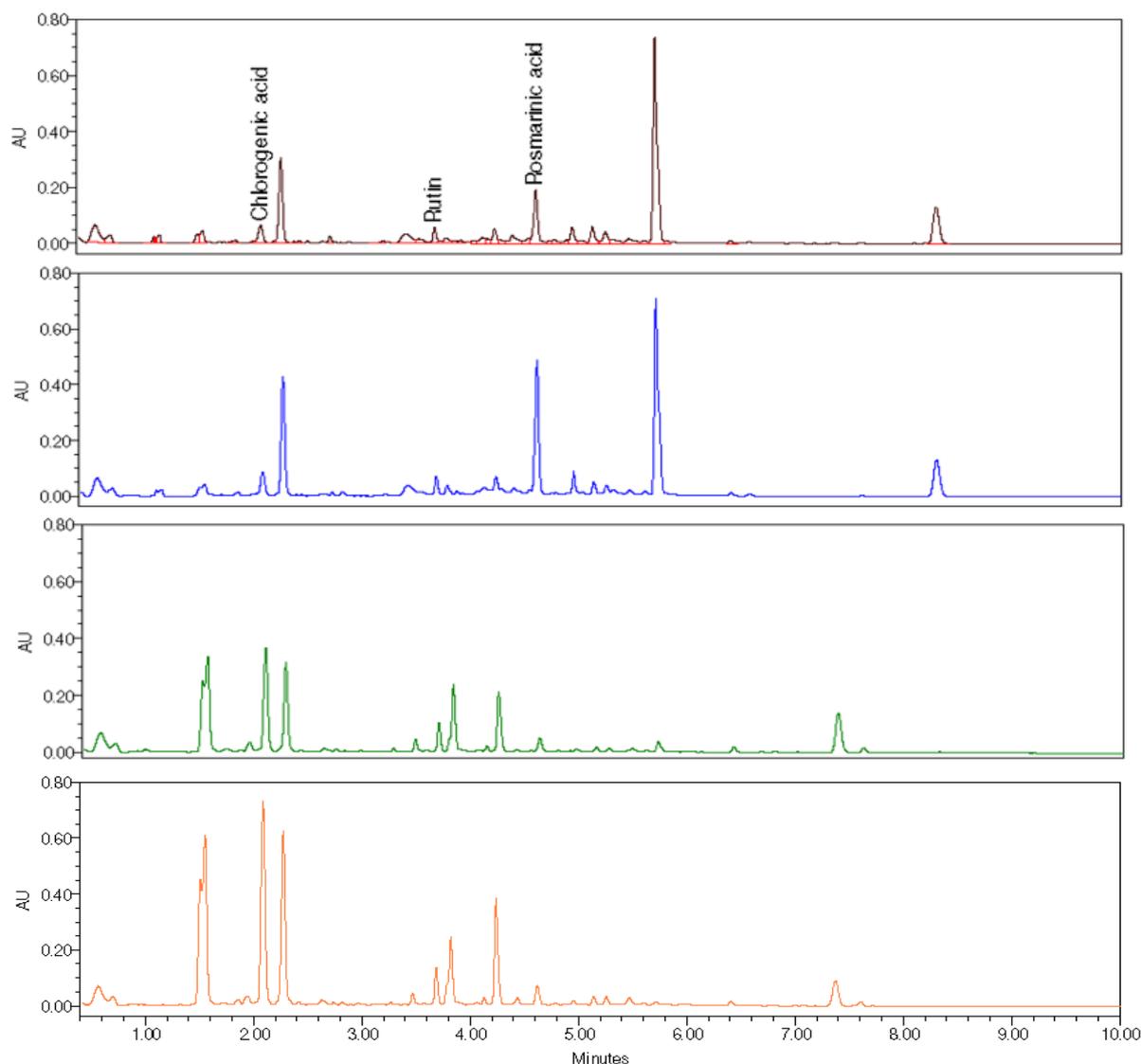
Substances de référence / *Referenzsubstanzen*:

1: rouge / rot - Ériocitrine (20 µl); bleu / blau – Acide cholorgénique/*Chlorogensäure*

2: orange - Rutine (16 µl); bleu / blau – Acide rosmarinique/*Rosmarinsäure*

3-5: *Clinopodium nepeta* 1^e et 2^e récoltes / 1. und 2. Ernte

4-6: *Clinopodium menthifolium* 1^e et 2^e récoltes / 1. und 2. Ernte



Analyses UPLC. Chromatogrammes empilés de deux espèces de *Clinopodium*
 UPLC-Analysen. Chromatogramme der beiden *Clinopodium*-Arten (UV/Vis MAX plot)
C. nepeta 1^e récolte / 1. Ernte: Ligne brune / braune Linie
C. nepeta 2^e récolte / 2. Ernte: Ligne bleu / blaue Linie
C. menthifolium 1^e récolte / 1. Ernte: Ligne verte / grüne Linie
C. menthifolium 2^e récolte / 2. Ernte: Ligne orange / orange Linie

Discussion

Cet essai préliminaire atteste de la faisabilité de la culture des deux espèces indigènes de *Clinopodium*. Dans les conditions climatiques montagnardes de Bruson, à 1000m d'altitude, ces deux Lamiacées ont eu une croissance satisfaisante. En zone marginale de leur distribution écologique naturelle, elles se sont révélées rustiques durant deux hivers successifs.

En première année de culture la production de biomasse sèche a été supérieure à 250 g/m², malgré une plantation relativement tardive (le 25 juin 2014). En seconde année de culture, les rendements ont avoisinés les 400 g de matières sèches. En troisième année de culture, seule la première récolte a été effectuée. La productivité, supérieure à 200 g/m², s'est maintenue. Elle était comparable à celle de la première récolte en seconde année de culture.

Diskussion

Dieser Vorversuch bestätigt, dass es grundsätzlich möglich ist, die beiden einheimischen Arten von *Clinopodium* anzubauen. Unter den für Bergregionen typischen klimatischen Bedingungen in Bruson (1000 m.ü.M.) zeigten die beiden Arten ein zufriedenstellendes Wachstum. In dieser Randzone ihrer natürlichen ökologischen Verbreitung erwiesen sie sich während den beiden aufeinanderfolgenden Wintern als robust.

Im ersten Jahr des Anbaus lag die Produktion trockener Biomasse trotz einer relativ späten Pflanzung (25. Juni 2014) bei über 250 g/m². Im zweiten Anbaujahr lagen die Erträge nahe bei 400 g Trockensubstanz. Im dritten Jahr wurde nur die erste Ernte vorgenommen. Die Produktivität lag ebenfalls bei über 200 g/m². Sie war mit den Erträgen der ersten Ernte im zweiten Jahr des Anbaus vergleichbar.

La teneur en huile essentielle se situe entre 1,0 et 1,5 % pour les deux espèces. Elle varie légèrement en fonction des différentes récoltes. Elle est tendanciellement plus élevée chez *C. menthifolium*.

La composition de l'huile essentielle discrimine clairement les deux espèces testées. *C. nepeta* présente un profil chimique dominé par la pulégone (> 80%), une cétone monoterpénique monocyclique. A haute dose, la pulégone (et son métabolite principal, le menthofurane) présente une toxicité pulmonaire, rénale et surtout hépatique. Selon les recommandations du HMPC (Committee on Herbal Medicinal Products de l'EMA) en 2016, l'emploi des huiles essentielles renfermant de la pulégone est autorisé comme aromatisant dans les produits alimentaires et les boissons. Les limites fixées dans les médicaments pour la somme (pulégone + menthofurane) sont de 37,5 mg par jour pour un emploi de longue durée et de 75 mg par jour pour un usage de moins d'un an. En outre, l'ordonnance du DFI sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires (Ordonnance sur les substances étrangères et les composants, OSEC) fixe pour la pulégone des valeurs limites (de 25 mg/kg à 350 mg/kg en fonction du type de denrées).

C. menthifolium présente un profil chimique dominé par la carvone (21-31%), également une cétone monoterpénique monocyclique. La carvone se présente sous deux formes (énantiomères) qui diffèrent selon leur pouvoir rotatoire. La forme dextrogyre D-carvone domine dans les Apiacées (carvi, cumin, fenouil, aneth) tandis que la forme lévogyre, L-carvone, se retrouve la menthe poivrée et la menthe verte. L'ordonnance du DFI a établi des normes pour la carvone uniquement sur la pomme de terre (effet anti-germant) à 5 mg/kg pour la D-carvone et à 3 mg/kg pour la L-carvone. Selon l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement en France), la dose journalière admissible (DJA) de l'huile de menthe exprimée en L-carvone est de 0,252 mg/kg de poids corporel/jour. Celle-ci n'est pas basée sur des études toxicologiques mais sur une consommation alimentaire journalière humaine (US-EPA, United States Environmental Protection Agency). La fixation d'une dose de référence aiguë pour l'huile de menthe a été jugée comme non nécessaire en raison de la faible toxicité potentielle de l'huile de menthe/L-carvone en tant que constituant de l'alimentation humaine. En France, la note explicative de l'Agence du médicament (1998) admet, pour la sommité fleurie de calament, les indications thérapeutiques suivantes (voie orale) : troubles digestifs, ballonnements, flatulences... Aucune évaluation toxicologique n'est demandée pour la constitution d'un dossier abrégé d'AMM (autorisation de mise en marché) (Bruneton, 2009)

Der Gehalt an ätherischem Öl liegt bei beiden Arten zwischen 1,0 und 1,5 % und schwankt leicht zwischen den verschiedenen Ernten. Er ist tendenziell etwas höher bei C. menthifolium.

Die Zusammensetzung des ätherischen Öls unterscheidet sich deutlich bei den beiden untersuchten Arten. C. nepeta weist eine chemisches Profil auf, das von Pulegon dominiert ist (>80%), einem monocyclischen Monoterpenketon. In hoher Dosis weist Pulegon (und sein wichtigster Metabolit Menthofuran) eine toxische Wirkung auf die Lungen, die Nieren und insbesondere die Leber auf. Gemäss den Empfehlungen des HMPC (Committee on Herbal Medicinal Products der EMA) 2016 ist die Anwendung ätherischer Öle mit Pulegon als Aromazusatz für Nahrungsmittel und Getränke zugelassen. Die Grenzwerte für die Summe (Pulegon + Menthofuran) in Medikamenten liegen bei 37,5 mg pro Tag bei langfristiger Anwendung bzw. bei 75 mg/Tag bei einer Anwendungsdauer unter einem Jahr. Ausserdem legt die Verordnung des EDI über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV) für Pulegon Grenzwerte fest (von 25 mg/kg bis 350 mg/kg je nach der Art des Lebensmittels).

C. menthifolium weist ein chemisches Profil auf, das von Carvon geprägt ist (21-31%), ebenfalls ein monocyclisches Monoterpenketon. Carvon liegt in zwei räumlich verschiedenen Formen (Enantiomeren) mit unterschiedlicher optischer Aktivität vor. Die rechtsdrehende Form D-Carvon ist in Doldenblütlern (Wiesenkümmel, Kreuzkümmel, Fenchel, Dill) vorherrschend, während die linksdrehende Form L-Carvon in Pfefferminze und Grüner Minze vorkommt. Die Fremd- und Inhaltsstoffverordnung enthält für Carvon nur bei Kartoffeln (keimhemmende Wirkung) Grenzwerte und zwar bei 5 mg/kg für D-Carvon und bei 3 mg/kg für L-Carvon. Gemäss ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement en France) liegt die zulässige Tagesdosis (ADI) für Pfefferminzöl, ausgedrückt in L-Carvon bei 0,252 mg/kg Körpergewicht/Tag. Dieser Wert beruht nicht auf toxikologischen Studien, sondern auf dem Wert für den täglichen menschlichen Verzehr von Lebensmitteln (US-EPA, United States Environmental Protection Agency). Wegen der geringen potenziellen Toxizität von Pfefferminzöl/L-Carvon als Bestandteil von Lebensmitteln wurde es nicht für notwendig erachtet, eine akute Referenzdosis für Pfefferminzöl festzulegen. In

Frankreich sind in einer Erläuterung der Arzneimittelbehörde (1998) für die blühenden Spitzen der Bergminzen folgende therapeutischen Indikationen (orale Aufnahme) festgelegt: Verdauungsstörungen, Blähungen, Flatulenz

Les deux espèces de *Clinopodium* se différencient également sur leur teneur en flavonoïdes et en acide phénoliques. *C. nepeta* a une teneur plus élevée en acide rosmarinique. Sur les chromatogrammes, deux pics importants n'ont pas été identifiés (absence de standards). Celui à droite de l'acide chlorogénique représente probablement un autre acide cafféoylé quinique; alors que le pic important à la droite de l'acide rosmarinique est potentiellement un flavonoïde.

C. menthifolium se caractérise par une teneur en acide chlorogénique élevée, ainsi que par deux autres pics à gauche et à droite de celui de l'acide chlorogénique qui correspondent sans doute à deux autres acides cafféoylés quiniques. Les pics de rutine, de surfaces relativement faibles, sont néanmoins plus importants que ceux de *C. nepeta*. En revanche, *C. menthifolium* présente une teneur en acide rosmarinique faible. Entre les pics d'acide chlorogénique et de l'acide rosmarinique, les deux pics importants non identifiés sont probablement des flavonoïdes.

Conclusion

La culture de *Clinopodium nepeta* et de *Clinopodium menthifolium* est possible en Suisse à l'étage collinéen et montagnard. Compte tenu du peu d'information de ce genre, une comparaison plus large de provenances serait souhaitable afin d'étudier la variabilité botanique et phytochimique.

La teneur et la composition de l'huile essentielle, ainsi que la présence d'acides phénoliques et de flavonoïdes expliquent l'usage traditionnel culinaire et médicinal des *Clinopodium*. En outre, l'activité antibactérienne *in vitro* de *C. menthifolium* pourrait intéresser l'industrie cosmétique.

A priori, la consommation de tisane de *Clinopodium* ne présente pas danger pour la santé humaine. Cependant, la teneur en pulégone et carvone de leurs huiles essentielles incite à la prudence.

Avant la mise en marché, une consultation de la législation en vigueur et de l'office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) ou des chimistes cantonaux est recommandée. Aucune de ces espèces ne figure sur la liste de recommandation « Classification des substances et préparations végétales en tant que médicaments ou denrées alimentaires » édictée par l'OSAV et Swissmedic.

Für das Zusammenstellen eines Dossiers im Rahmen einer erleichterten Zulassung wird keine toxikologische Evaluation verlangt (Bruneton, 2009).

Die beiden Clinopodium-Arten unterscheiden sich auch in ihrem Gehalt an Flavonoiden und Phenolsäuren. C. nepeta hat einen höheren Gehalt an Rosmarinsäure. Auf den Chromatogrammen konnten zwei deutliche Spitzen nicht identifiziert werden (Fehlen von Standards). Bei der Spitze rechts von Chlorogensäure handelt es sich vermutlich um eine andere Caffeoyle-Chinasäure, während die deutliche Spitze rechts von Rosmarinsäure eher zu einem Flavonoid gehört.

C. menthifolium ist durch einen hohen Gehalt an Chlorogensäure gekennzeichnet, sowie durch je eine Spitze links und rechts der Chlorogensäure, die zweifellos zu zwei weiteren Caffeoyle-Chinasäuren gehören. Die Rutin-Spitzen mit relativ kleinen Flächen sind etwas stärker ausgeprägt als bei C. nepeta. Dagegen weist C. menthifolium nur einen geringen Gehalt an Rosmarinsäure auf. Bei den beiden nicht identifizierten deutlichen Spitzen zwischen der Chlorogensäure- und der Rosmarinsäure-Spitze handelt es sich vermutlich um Flavonoide.

Schlussfolgerungen

Der Anbau von Clinopodium nepeta und Clinopodium menthifolium ist in der Schweiz auf der kollinen und montanen Stufe möglich. Weil nur beschränkt Informationen zu dieser Gattung vorliegen, wäre ein umfassenderer Vergleich der Herkünfte zu wünschen, um die botanische und phytochemische Variabilität genauer zu untersuchen.

Für die kulinarische und medizinische Verwendung der Clinopodium-Arten sind der Gehalt an ätherischem Öl und dessen Zusammensetzung, namentlich die phenolischen Säuren und die Flavonoide verantwortlich. Die in vitro nachgewiesene antibakterielle Wirkung von C. menthifolium könnte für die kosmetische Industrie interessant sein.

A priori stellt die Einnahme von Clinopodium in Form von Kräutertee keine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar. Aufgrund des Gehalts an Pulegon und Carvon ist allerdings Vorsicht angebracht.

Vor der Marktzulassung wird empfohlen, die geltende Gesetzgebung und das Bundesamt für Lebensmittel und Veterinärwesen (BLV) oder den Kantonschemiker zu Rate zu ziehen. Keine dieser Arten ist in der von Swissmedic und BLV herausgegebenen Liste mit den Empfehlungen «Einstufung pflanzlicher Stoffe und Zubereitungen als Arzneimittel oder als Lebensmittel» aufgeführt.

Principes actifs, propriétés et usages traditionnels

Selon Wichtl et Anton (2003)¹, les rhizomes et les racines contiennent de l'huile essentielle (0,02-0,15%) dont le composé majoritaire est l'eugénol (65 à 75%), ainsi que des tanins galliques (jusqu'à 18% dans les racines et 28% dans les rhizomes). Les propriétés médicinales de la benoîte commune sont : astringentes, stomachique, sudorifique, fébrifuge, tonique et vulnéraire. En médecine traditionnelle, elle est indiquée comme antihémorragique, anti-diarrhéique, fébrifuge, contre l'insuffisance veineuse et pour soulager les hémorroïdes, les maux de dents, de gorge ou d'estomac. En condimentaire, ses feuilles fraîches peuvent agrémenter les salades ou être cuisinées comme des légumes verts. En raison de leur arôme de girofle, les racines ont été utilisées comme épice ou dans la fabrication de bière et de liqueur.

Au Moyen-Âge, la benoîte commune était utilisée dans la magie blanche par les moines exorcistes pour chasser le diable.



Plate-bande de *Geum urbanum* à Bruson. La plantation 2015 lors de la récolte le 6 juin 2016 ; Beet mit *Geum urbanum* in Bruson. Ernte am 6. Juni 2016 der 2015 gepflanzten Kultur

Wirkstoffe, Eigenschaften und traditionelle Anwendungen

Gemäss Wichtl und Anton (2003)¹ enthalten die Rhizome und Wurzeln ein ätherisches Öl (0,02-0,15%), das hauptsächlich aus Eugenol (65 bis 75%) sowie aus Gallotanninen (bis zu 18% in den Wurzeln und bis zu 28% in den Rhizomen) besteht. Der Echten Nelkenwurz werden adstringierende, magenstärkende, schweisstreibende, fiebersenkende, anregende und wundheilende Wirkungen zugeschrieben. In der traditionellen Medizin wird sie zur Blutstillung, als Durchfallmittel, als fiebersenkendes Mittel, gegen Veneninsuffizienz und zur Behandlung von Hämorrhoiden sowie gegen Zahn-, Hals- und Magenschmerzen eingesetzt. In der Küche dienen die frischen Blätter als Gewürzkraut in Salaten oder als grünes Gemüse. Aufgrund des Nelkenaromas wurden die Wurzeln als Gewürz bei der Herstellung von Bier und Likör verwendet.

Im Mittelalter wurde die Echte Nelkenwurz für Weisse Magie von Mönchen in exorzistischen Ritualen zur Vertreibung des Teufels eingesetzt.



Racines fraîches lavées de *Geum urbanum*
Frische gewaschene Wurzeln von *Geum urbanum*

Résultats préliminaires

Comparaison du rendement en rhizomes et racines frais et secs de *Geum urbanum* après cinq mois et une année de culture à Bruson (plantation 2015 ; récoltes 2015 et 2016).

Vergleich des Ertrags an Rhizomen sowie frischen und trockenen Wurzeln von Geum urbanum nach fünf Monaten und nach einem Jahr Kultivierung in Bruson (Pflanzung 2015, Ernten 2015 und 2016).

Date de récolte <i>Erntedaten</i>	surface <i>Fläche</i> m ²	Nb racines <i>Wurzeln-</i> <i>anzahl</i>	Poids frais lavés ge- waschen <i>Frisch-</i> <i>gewicht</i> [g]	Poids secs <i>Trocken-</i> <i>gewicht</i> [g]	Perte au séchage <i>Verlust</i> <i>beim</i> <i>Trocknen</i> [%]	Racine sèche <i>trockene</i> <i>Wurzel</i> [g]	Racine sèche <i>trockene</i> <i>Wurzel</i> [g/m ²]
20-21 oct. 2015	33	385	21200	5360	25,3	13,9	162
8 juin 2016	30	355	25850	6310	24,4	17,8	210

Comparaison du rendement en rhizomes et racines secs de deux origines de *Geum urbanum* après quatre mois de culture à Bruson (plantation juin 2016 ; récoltes octobre 2016). Moyenne de trois répétitions.

Vergleich des Ertrags an Rhizomen und trockenen Wurzeln von zwei Sorten von Geum urbanum nach vier Monaten Kultivierung in Bruson (Pflanzung Juni 2016; Ernte Oktober 2016). Durchschnitt aus drei Wiederholungen.

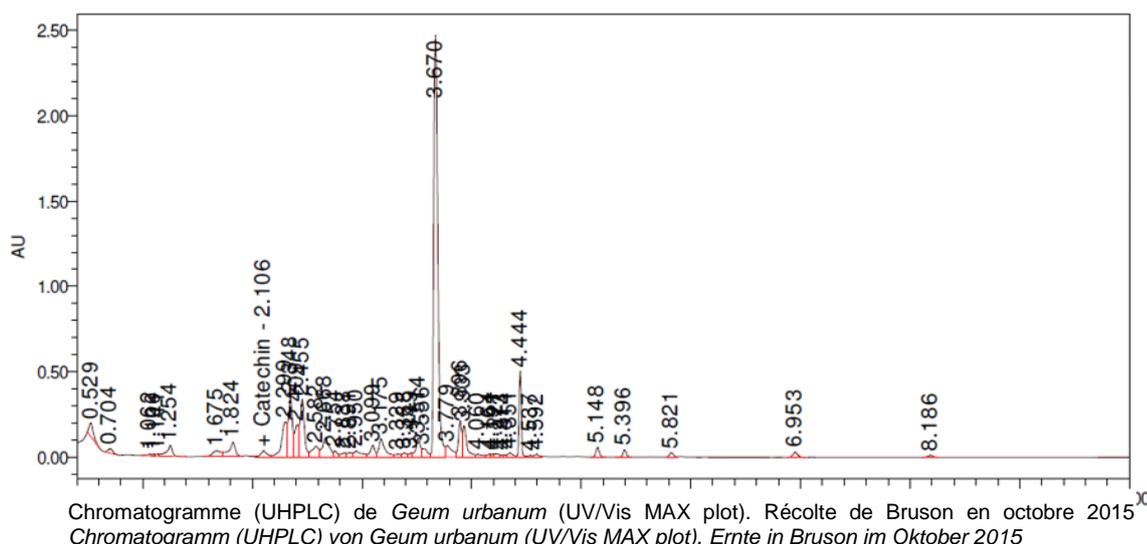
Origine Sorte	surface <i>Fläche</i> m ²	Nb racines <i>Wurzeln-</i> <i>anzahl</i>	Poids secs <i>Trocken-</i> <i>gewicht</i> [g]	Racine sèche <i>trockene</i> <i>Wurzel</i> [g]	Racine sèche <i>trockene</i> <i>Wurzel</i> [g/m ²]
Jelitto	12	100	458	14,0	115
Jelitto bio	12	98	358	10,7	90

Teneur en huile essentielle et en eugénoles des rhizomes et racines de *Geum urbanum* en 2015 et 2016 à Bruson. Moyenne des répétitions (4 en 2015 et 3 en 2016).

Gehalt an ätherischem Öl und an Eugenol der Rhizome und Wurzeln von Geum urbanum von Ernten 2015 und 2016 in Bruson. Durchschnitt der Wiederholungen (4 im Jahr 2015 und 3 im Jahr 2016).

Origine Sorte	Année de plantation <i>Pflanzjahr</i>	Récolte <i>Ernte</i>	Huile essen- tielle Äth. Öl [%]	Eugenol [%]
Jelitto	2015	oct.15	0,29 ^{bc}	--
Jelitto	2015	juin.16	0,34 ^b	66,6
Jelitto	2016	oct.16	0,43 ^a	68,0
Jelitto bio	2016	oct.16	0,24 ^c	60,9

Tukey test : Les petites lettres indiquent les différences significatives / *Kleine Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede*



Commentaires

En zone de montagne, la culture de la benoîte commune est possible et ne présente pas de difficulté notable. Le développement végétatif est rapide. Cette espèce occupe rapidement la surface et offre une bonne concurrence contre les adventices.

En fonction de l'année et de la densité de plantation, la biomasse de rhizomes et racines produite en première année de culture a varié entre 90 et 162 g/m² de matière sèche (10,7 -14,0 g par racines). Sur la plantation de 2015, lors de la récolte de printemps après une année de culture, le rendement a crû de 29 % (210 g/m²). Dans la plantation de 2016, en première année de récolte, l'origine de la semence (Jelitto ou Jelitto bio) n'a pas influencé de manière significative la productivité. Le rendement à la surface inférieur en 2016 par rapport à 2015 s'explique par la densité de plantation plus faible (9,4 plantes/m² en 2016 vs 12,5 en 2015).

La récolte manuelle et le lavage artisanal des rhizomes et des racines est gourmand en main-d'œuvre (> 1h de travail par kg de matière sèche). La mécanisation de ces deux opérations devrait à terme permettre de diminuer fortement les coûts de main-d'œuvre liés à la récolte.

La teneur en huile essentielle a varié entre 0,24 et 0,43%. Lors de l'essai 2015, elle était tendanciellement plus élevée sur la récolte de juin 2016.

Kommentare

Der Anbau von *Geum urbanum* im Berggebiet ist möglich und geht nicht mit besonderen Schwierigkeiten einher. Die vegetative Entwicklung ist schnell. Diese Art bedeckt die Oberfläche rasch und bietet eine gute Konkurrenz gegen Unkraut.

Je nach Anbaujahr und Dichte der Pflanzung variiert die Biomasse der Rhizome und Wurzeln im ersten Jahr der Kultur zwischen 90 und 162 g/m² Trockensubstanz (10,7 -14,0 g pro Wurzel). Bei der Pflanzung 2015 mit Ernte im Frühling nach einem Jahr Kultur war der Ertrag um 29 % höher (210 g/m²). Bei der Pflanzung 2016 hatte im ersten Erntejahr die Herkunft des Saatguts (Jelitto oder Jelitto bio) keinen signifikanten Einfluss auf die Produktivität. Der geringere Flächenertrag von 2016 gegenüber 2015 lässt sich mit der geringeren Dichte der Pflanzung erklären (9,4 Pflanzen/m² 2016 gegenüber 12,5 Pflanzen/m² 2015). Die manuelle Ernte und das Waschen der Rhizome und Wurzeln von Hand ist arbeitsintensiv (> 1h Arbeit pro kg Trockensubstanz). Durch eine Mechanisierung dieser beiden Arbeitsschritte könnten die Kosten für die Erntearbeiten stark gesenkt werden.

Der Gehalt an ätherischem Öl schwankt zwischen 0,24 und 0,43%. Im Versuch 2015 war der Gehalt tendenziell höher bei der Ernte im Juni 2016.

Tandis que dans l'essai 2016, elle était significativement plus élevée pour le lot de semences conventionnel. Ces premiers résultats indiquent probablement une dynamique saisonnière et génotypique de la teneur en huile essentielle. La teneur en eugénoïl (60-68%) est relativement conforme à la littérature.

Sur le chromatogramme UHPLC, seul le pic (+)-catéchine, un flavonol connu pour ses propriétés antioxydantes a pu être identifié par le spectre UV/Vis. Le pic 3,670 min n'a pas été déterminé avec certitude, mais il s'agit probablement d'un ellagitannin. En effet, sa masse de ~ 936,5 Da correspond à celle des ellagitannins, stachyurine ou casuarinine. Ces tanins ellagiques d'origine végétale sont connus sur les Rosaceae pour leurs propriétés antiradicalaire, antioxydante, anti-inflammatoire.

Perspectives

- En 2017, récoltes en juin et en octobre de la plantation 2016.
- Si intérêt de l'industrie, nouvel essai en 2017 (ou 2018), avec comparaison de provenances et approche de la mécanisation.
- Poursuite de l'étude phytochimique.

Bibliographie

¹ Wichtl M. & Anton R. 2003. Plantes thérapeutiques. Éd. Tech&Doc, 690p.

Im Versuch 2016 war er deutlich höher bei der Verwendung von konventionellem Saatgut. Der Gehalt an Eugenol (60-68%) deckt sich gut mit den Literaturangaben.

Auf dem UHPLC-Chromatogramm konnte nur die Spitze von (+)-Catechin, ein Flavonol, das für seine antioxidierenden Eigenschaften bekannt ist, durch UV/Vis-Spektroskopie identifiziert werden. Die Spitze bei 3,670 min konnte nicht mit Sicherheit identifiziert werden, es handelt sich aber vermutlich um ein Ellagitannin. So entspricht die Masse von ~ 936,5 Da derjenigen von Ellagitanninen, Stachyurin oder Casuarinin. Diese mit der Ellagsäure veresterten Tannine pflanzlichen Ursprungs sind bekannt für Rosengewächse und weisen antioxidative und entzündungshemmende Wirkungen auf.

Ausblick

- 2017 Ernten der Pflanzung 2016 im Juni und Oktober.
- Bei Interesse der Branche neuer Versuch im Jahr 2017 (oder 2018) mit Vergleich von Züchtungen und Mechanisierungsansatz.
- Fortführung der phytochemischen Untersuchung.

Literatur

¹ Wichtl M. & Anton R. 2003. Plantes thérapeutiques. Éd. Tech&Doc, 690p.

3. *Stevia rebaudiana*

ESSAI / VERSUCH	
BUTS / ZIEL	<ul style="list-style-type: none"> Organiser la production de plantons pour : <i>Produktionsplanung für folgende Setzlinge:</i> 7'500 'Gawi' (Boutures / Stecklinge Agroscope) 7'500 'Pharmasaat' (semences Agroscope - production plantons JUD) (<i>Saatgut Agroscope - Setzlinge JUD</i>) Comparaison 'F' ; 'Gawi' et 'Med 11'
SITES	Melchnau (1.) ; Conthey (2.)
Procédés pour les essais 2016 <i>Versuchsplan 2016</i>	
DISPOSITIF EXPERIMENTAL VERSUCHS-DISPOSITIV	<ul style="list-style-type: none"> Melchnau, "on farm" sans répétition / <i>ohne Wiederh.</i> Conthey, 4 répétitions / <i>4 Wiederholungen</i>
PARAMETRES ANALYSES ANALYSIERTE PARAMETER	<ul style="list-style-type: none"> Melchnau : date de livraison des plantons <i>Liefertermine der Setzlinge</i> Conthey : rendements matière fraîche et sèche <i>Ertrag frische und getrocknete Pflanzen</i> % de feuilles / <i>Blattanteil</i>

Production de plantons pour Melchnau – Essai Ricola

Stratégie

- Clone 'Gawi' : multiplication végétative. En raison du trop faible nombre de pieds-mères chez Biojardins (Fully, VS), la stratégie a été de commander 2'000 boutures chez Biojardins, complétées par 6'000 boutures in vitro d'Hortilab (DE). Le sevrage des boutures in vitro a été réalisé par Agroscope à Conthey.
- Variété 'Pharmasaat' : multiplication générative. La fourniture des semences a été organisée par Agroscope. La production des plantons a été déléguée à JUD Bio-Jungpflanzen (Tägerwilen, TG).

Setzlingsproduktion für Melchnau – Versuch Ricola

Strategie

- Klon 'Gawi': vegetative Vermehrung. Aufgrund der zu geringen Zahl von Mutterpflanzen bei Biojardins (Fully, VS) wurde die Strategie verfolgt, bei Biojardins 2'000 Stecklingen zu bestellen und diese mit 6'000 Stecklingen aus In-vitro-Kulturen von Hortilab (DE) zu ergänzen. Das Absetzen der In-vitro-Stecklinge erfolgte durch Agroscope in Conthey.*
- Sorte 'Pharmasaat': generative Vermehrung. Die Beschaffung der Saat erfolgte durch Agroscope. Die Produktion der Setzlinge wurde JUD Bio-Jungpflanzen (Tägerwilen, TG) übertragen.*

Calendrier

- Commande de T. Aeschlimann (Ricola) le 22 janvier 2016. Inventaire des pieds-mères du clone 'Gawi' chez Biojardins et correction de la commande à 2'000 plantes.
- Commande chez Hortilab pour la semaine 18 de 6'000 boutures in vitro.
- Commande par Agroscope des semences chez Pharmasaat. Livraison des semences directement chez JUD Bio-Jungpflanzen.
- Semaine 19: Réception à Conthey de 4'000 boutures in vitro 'Gawi' (Hortilab); transplantation en mottes pressées et sevrage à Conthey.
- Semaine 22: Livraison à Melchnau de 6'000 plantons enracinés (Hortilab (4'000 mottes pressées) + Biojardins (2'000 PMP)).
- Semaine 22: Réception à Conthey de 1'800 boutures in vitro 'Gawi' (Hortilab); transplantation en en mottes pressées et sevrage à Conthey.
- Semaine 26: Livraison des plantons enracinés en mottes pressées.
- Semaine 29: Livraison par JUD Bio-Jungpflanzen des plantons en mottes pressées 'Pharmasaat.'

Terminplan

- *Bestellung durch T. Aeschlimann (Ricola) am 22. Januar 2016. Inventar der Mutterpflanzen des Klons 'Gawi' bei Biojardins und Anpassung der Bestellung auf 2'000 Pflanzen.*
- *Bestellung von 6'000 In-vitro-Stecklingen bei Hortilab für die Woche 18.*
- *Bestellung von Samen durch Agroscope bei Pharmasaat. Lieferung der Samen direkt zu JUD Bio-Jungpflanzen.*
- *Woche 19: Entgegennahme von 4'000 In-vitro-Stecklingen 'Gawi' (Hortilab) in Conthey; Umpflanzung in Presstöpfe und Absetzen in Conthey.*
- *Woche 22: Lieferung von 6'000 bewurzelten Setzlingen nach Melchnau (Hortilab (4'000 Presstöpfe) + Biojardins (2'000 Multi-Topfplatten)).*
- *Woche 22: Entgegennahme von 1800 In-vitro-Stecklingen 'Gawi' (Hortilab) in Conthey.*
- *Woche 26: Lieferung der bewurzelten Setzlinge in Presstöpfen.*
- *Woche 29: Lieferung der Pharmasaat-Setzlinge in Presstöpfen durch JUD Bio-Jungpflanzen.*



Boutures in vitro d'Hortilab avant le sevrage
In-vitro-Stecklinge von HortiLab vor dem Absetzen



Plantons enracinés en mottes pressées
bewurzelte Stecklinge in Presstöpfen

Discussion

- La commande des boutures (chez Biojardins ou Hortilab) doit être effectuée durant l'automne afin de faciliter l'organisation de la multiplication et de permettre la mise en végétation des pieds-mères.
- Pour une plantation précoce (semaine 18-20), le bouturage herbacé doit être réalisé avant la fin mars.
- Pour le sevrage des boutures in vitro, il faut compter trois semaines.
- Selon Hans Hofer, les plantons en PMP sont mieux adaptés à la plantation mécanique que les mottes pressées.
- La multiplication générative des stévias reste délicate. Elle n'est pas encore bien maîtrisée par les horticulteurs. De plus les semences sont onéreuses. Pour l'instant, cette technique est déconseillée.

Organisation de la production de plantons 2017

- Des pieds-mères des clones 'F' et 'Gawi' ont été transmis à Biojardins afin que cette entreprise soit en mesure de répondre à des commandes futures. D'autres pieds-mères sont également conservés à Conthey chez Agroscope et peuvent être transmis à d'autres multiplicateurs en Suisse allemande au besoin. Il est toutefois impératif que les commandes arrivent le plus tôt possible (novembre-décembre) afin de faciliter l'organisation de la multiplication.
- En raison du coût élevé de la semence, de la germination lente et irrégulière et de l'hétérogénéité phytochimique des populations, la multiplication clonale est préférable pour cette espèce.

Parcelle de Melchnau

(Oberaargau, BE; alt. 560-580 m)

Objectif : comparer « on farm » le comportement agronomique du clone 'Gawi' (Eustas, D) et de la variété 'Pharmasaat'. Les deux obtentions ont une teneur en stéviósíde et en rébaudíósíde A très similaire.

Diskussion

- *Die Bestellung von Stecklingen (bei Biojardins oder Hortilab) muss im Hinblick auf die Organisation der Vermehrung und die rechtzeitige Aufzucht der Mutterpflanzen bereits im Herbst erfolgen.*
- *Für eine frühe Pflanzung (Woche 18-20) müssen die krautigen Stecklinge vor Ende März produziert werden.*
- *Für das Absetzen der In-vitro-Stecklinge muss mit drei Wochen gerechnet werden.*
- *Gemäss Hans Hofer sind Setzlinge in Multi-Topfplatten besser für das mechanische Setzen geeignet als Setzlinge in Presstöpfen.*
- *Die generative Vermehrung von Stevia bleibt schwierig und wird von den Gärtnereien noch nicht gut beherrscht. Ausserdem ist das Saatgut teuer. Gegenwärtig wird von dieser Methode abgeraten.*

Organisation der Produktion von Setzlingen für 2017

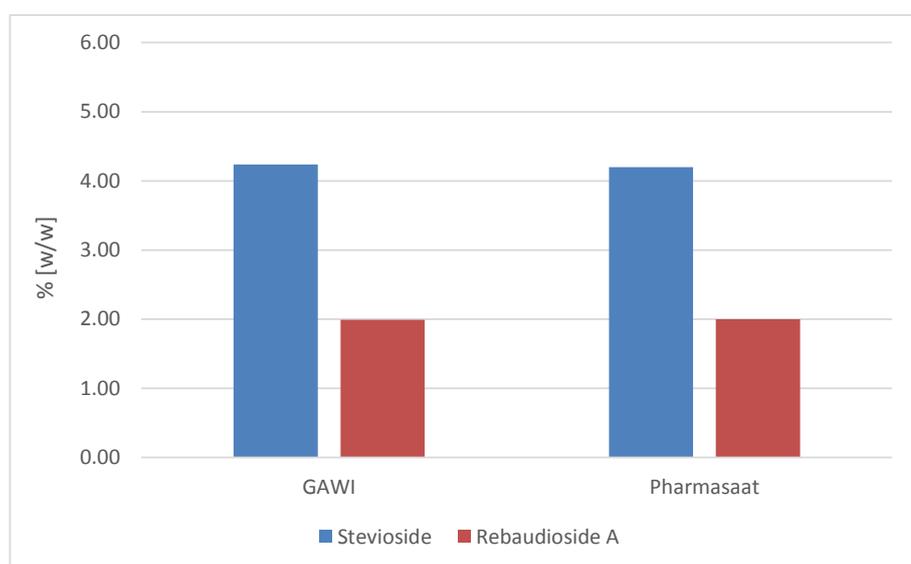
- *Es wurden Mutterpflanzen der Klone 'F' und 'Gawi' an Biojardins übergeben, damit dieses Unternehmen in der Lage ist, künftige Bestellungen auszuführen. Weiter Mutterpflanzen werden in Conthey bei Agroscope aufbewahrt und können bei Bedarf an weitere Vermehrungsbetriebe in der Deutschschweiz abgegeben werden. Es ist allerdings unerlässlich, dass die Bestellungen im Hinblick auf die Organisation der Vermehrung so früh wie möglich eintreffen (November-Dezember).*
- *Wegen den hohen Kosten des Saatguts, der langsamen und unregelmässigen Keimung und der phytochemischen Heterogenität der Populationen, ist die klonale Vermehrung bei dieser Art zu bevorzugen.*

Melchnau

(Oberaargau, BE; alt. 560-580 m)

Ziel: Das agronomische Verhalten des Klons 'Gawi' (Eustas, D) und der Sorte 'Pharmasaat' «on farm» vergleichen. Die beiden Züchtungen haben einen sehr ähnlichen Gehalt an Steviosid und an Rebaudiosid A.

Espèce / Art	<i>Stevia rebaudiana</i>
Variété / Sorte	'Gawi' (Eustas, D) 'Pharmasaat' (D)
Parcelle / Parzelle	Häisiwil: 'Gawi', 5.2 a / Aren Bünterrain hinten: 'Gawi', 1.9 are / Aren Bünterrain hinten: 'Pharmasaat', 5.3 are / Aren
Densité / Dichte	env. 10 plants /m ² / etwa 10 Pflanzen/m ²
Dates de plantation Pflanzdatum	Häisiwil: 7.6.2016 Bünterrain hinten: 7.7.2016 Bünterrain hinten: 21.7.2016
Récolte / Ernte	22.9.2016
Rendement en matière sèche Trockenmasseertrag	'Gawi': 233.0 kg (328 g/m ²) 'Pharmasaat': 85.0 kg (160 g/m ²)



Teneur en stévioloside et en rébaudioside A des deux obtentions de stévia 'Gawi' et Pharmasaat' comparées à Melchnau. Analyses de la récolte 2015 de Conthey (VS). Moyenne de quatre répétitions.

Gehalt an Steviolosid und an Rebaudiosid A der beiden Stevia-Züchtungen 'Gawi' und 'Pharmasaat' bei einem Vergleich in Melchnau. Analyse der Ernte 2015 in Conthey (VS). Mittelwert aus vier Wiederholungen.

Discussion

- La comparaison du comportement agronomique des deux variétés est impossible en raison de la trop grande différence de dates de plantation.
- Malgré une plantation, un peu tardive, le clone 'Gawi' a produit 32.8 kg/a de plantes sèches. Ce rendement peut être qualifié de bon.
- La production de la variété 'Pharmasaat' a été 16.0 kg/a. Compte tenu de la plantation trop tardive, il est difficile de porter un jugement sur ce rendement.

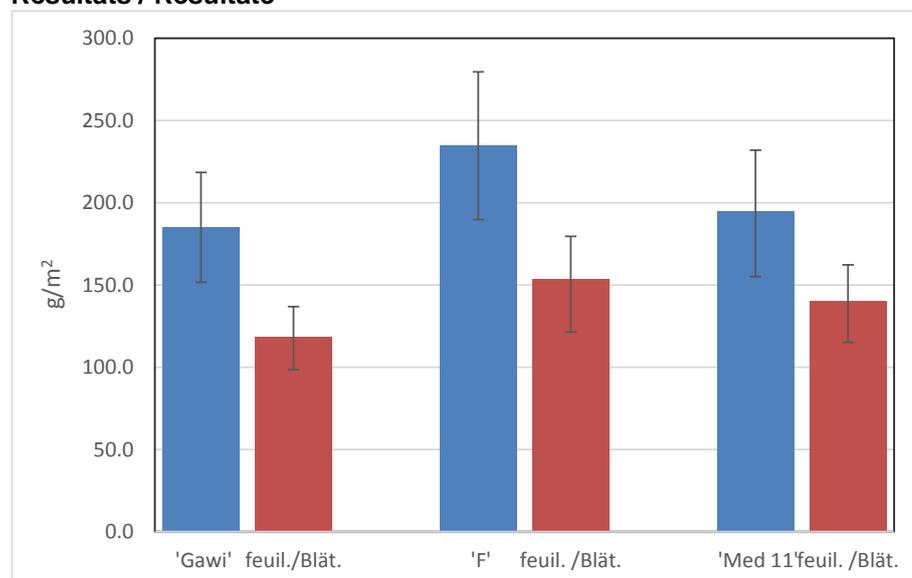
Diskussion

- Aufgrund des weit auseinander liegenden Zeitpunkts der Pflanzung lassen sich die beiden Züchtungen bezüglich ihres agronomische Verhaltens nicht vergleichen.
- Trotz einer etwas späten Pflanzung produzierte der Klon 'Gawi' 32,8 kg/a getrocknete Pflanzen. Dieser Ertrag kann als gut eingestuft werden.
- Die Produktion der Sorte 'Pharmasaat' lag bei 16,0 kg/a. Aufgrund der zu späten Pflanzung ist es schwierig, diesen Ertrag zu bewerten.

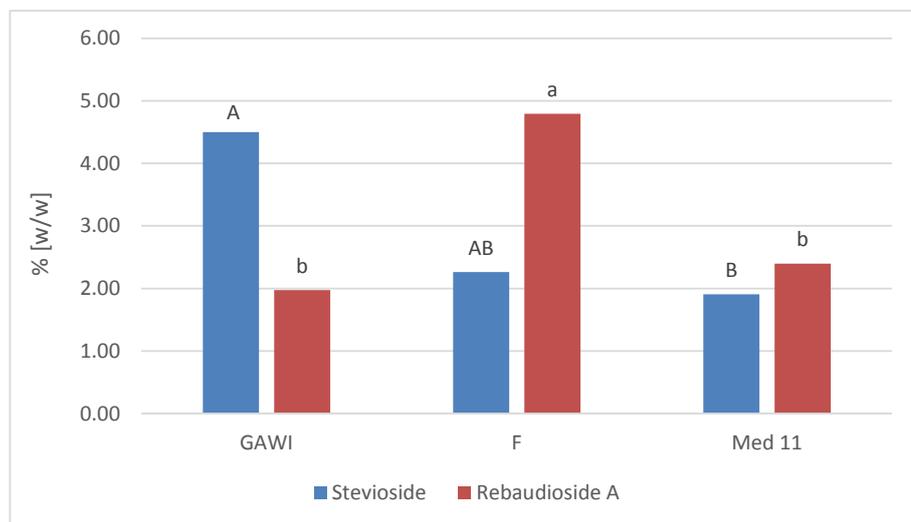
Essai Agroscope Conthey

Parcelle Conthey	
Espèce / Art	<i>Stevia rebaudiana</i>
Variété / Sorte	'F' (Eustas, D) 'Gawi' ; (Eustas, D) ; Med 11 (Médiplant, CH)
Distances / Abstand	70 cm x 30 cm; 4 x 8 plants
Densité / Dichte	4.7 plants /m ²
Répétitions / Wiederh.	4
Dates de plantation / Pflanzdatum	30 mai 2016
Récolte / Ernte	12 octobre 2016
Rendement en matière sèche Trockenmasseertrag	'Gawi': 185 g/m ² 'F': 234 g/m ² 'Med 11': 192 g/m ²

Résultats / Resultate



Rendement en matière et en feuilles sèches des obtentions 'Gawi', 'F' et 'Med 11' à Conthey (480 m.) en 2016.
Ertrag an Trockensubstanz und getrockneten Blättern der Züchtungen 'Gawi', 'F' und 'Med 11' in Conthey (480 m.) im Jahr 2016.



Les lettres indiquent les différences significatives. / Die Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede.

Teneur en stéviolide et en rébaudioside A des trois obtentions de stévia 'Gawi', 'F' et 'Pharmasaat' comparées à Conthey. Analyses de la récolte 2014. Moyenne de quatre répétitions.

Gehalt an Steviolid bzw. an Rebaudiosid A der drei Stevia-Züchtungen 'Gawi', 'F' und 'Pharmasaat' bei einem Vergleich in Conthey. Analyse der Ernte 2014. Mittelwert aus vier Wiederholungen.

Discussion

- Les différences de rendement en matière ou en feuilles sèches ne sont pas significatives.
- A Conthey, le dispositif de la plantation était en mono-ligne afin de faciliter le passage du motoculteur. La densité de plantes faibles (4.7 plantes/m²) explique la production moyenne de la biomasse (de 185 à 235 g/m²). Dans un dispositif mono-ligne, la distance de 30 cm entre deux plantes pourrait être abaissée à 15-20 cm afin d'augmenter la densité et le potentiel de rendement.

Conclusions

- En zone de montagne, un rendement moyen de 200-300 g/m² de matière sèche de stévia peut être attendu. Outre les facteurs pédo-climatiques, la productivité est influencée par la date et la densité de plantation.
- Aucun génotype ne se distingue significativement sur la productivité. En revanche, les teneurs en stéviolide et en rébaudioside A diffèrent fortement. Le clone 'F' est plus riche en rébaudioside A alors que les obtentions 'Gawi' et 'Pharmasaat' sont plus riches en stéviolide. En fonction du marché, le choix du génotype peut se révéler important.
- Une commande précoce des plantons, durant l'automne précédant la plantation, est recommandée afin de permettre la multiplication et la mise en végétation des pieds-mères.
- Pour la multiplication végétative, il faut compter au minimum cinq à six semaines entre le bouturage et la plantation. La multiplication générative est pour l'instant déconseillée en raison de la germination aléatoire et du coût des semences.

Diskussion

- Die Unterschiede beim Ertrag an Trockensubstanz oder getrockneten Blättern sind nicht signifikant.
- In Conthey bestand die Anordnung aus einer einreihigen Pflanzung, um die Durchfahrt des Motoreinachsers zu erleichtern. Die nur mittlere Produktion von Biomasse (185 bis 235 g/m²) lässt sich mit der geringen Dichte der Pflanzen (4,7 Pflanzen/m²) erklären. Bei einer einreihigen Pflanzung könnte der Abstand von 30 cm zwischen zwei Pflanzen auf 15-20 cm gesenkt und damit die Dichte und das Ertragspotenzial erhöht werden.

Schlussfolgerungen

- Im Berggebiet kann ein durchschnittlicher Ertrag von 200-300 g/m² Trockensubstanz erwartet werden. Neben pedoklimatischen Faktoren wird die Produktivität auch durch den Zeitpunkt und die Dichte der Pflanzung beeinflusst.
- Im Hinblick auf die Produktivität zeichnet sich kein Genotyp besonders aus. Bezüglich Gehalt an Steviolid und Rebaudiosid A gibt es dagegen grosse Unterschiede. Der Klon 'F' ist reicher an Rebaudiosid A während die Züchtungen 'Gawi' und 'Pharmasaat' mehr Steviolid enthalten. Die Wahl des Genotyps kann je nach den Anforderungen des Marktes wichtig sein.
- Es wird eine frühzeitige Bestellung der Setzlinge bereits im Herbst vor der Pflanzung empfohlen, damit die Vermehrung und Pflanzung der Mutterpflanzen sichergestellt werden kann.
- Für die vegetative Vermehrung muss mit mindestens fünf bis sechs Wochen zwischen der Produktion der Stecklinge und der Pflanzung gerechnet werden. Von der generativen Vermehrung wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt wegen der zufälligen Keimung und den hohen Kosten des Saatguts noch abgeraten.

4. Comparaison clonale *Mentha × piperita* / Klonvergleich *Mentha × piperita*

Buts

Rechercher pour la production en zone de montagne (marché suisse) un nouveau clone de menthe poivrée satisfaisant au niveau agronomique et sensoriel.

A la demande de T. Aeschlimann, tester les meilleurs clones allemands BLBP développés au LFL de Bayern
Critères : Vigueur, rendement, % de feuilles, teneur en HE, teneur en menthol (et profil aromatique), sensibilité à la rouille.

Ziel

Einen Pfefferminz-Klon ermitteln, der für den Anbau im Berggebiet (Schweizer Markt) geeignet ist und sowohl die agronomischen wie auch die sensorischen Ansprüche erfüllt.

Auf Anfrage von T. Aeschlimann die BLBP Klone testen, die durch die Bayrische LFL entwickelt wurden.
Kriterien: Wuchskraft, Ertrag, Blattanteil, Gehalt an ätherischen Ölen, Mentholgehalt (und aromatisches Profil), Rost-Empfindlichkeit.

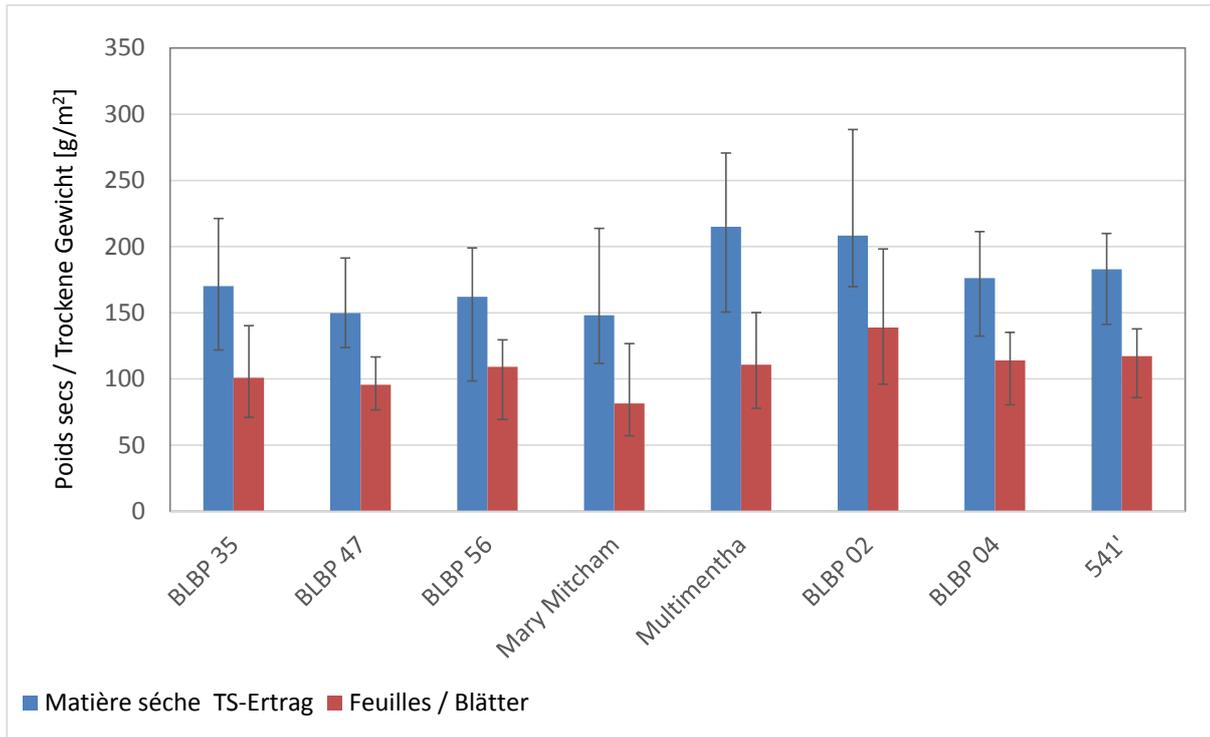
A. Essai de Bruson

Clones / Klone	
Type « Dunkel »	'BLBP 35', 'BLBP 47' et 'BLBP 56' (LFL)
Type « Grün »	'BLBP 02' et 'BLBP 04' (LFL)
Témoins/ Standard	
Type « Dunkel »	'Mary Mitcham' et 'Multimentha' (Jardin des Senteurs, NE)
Type « Grün »	'541'

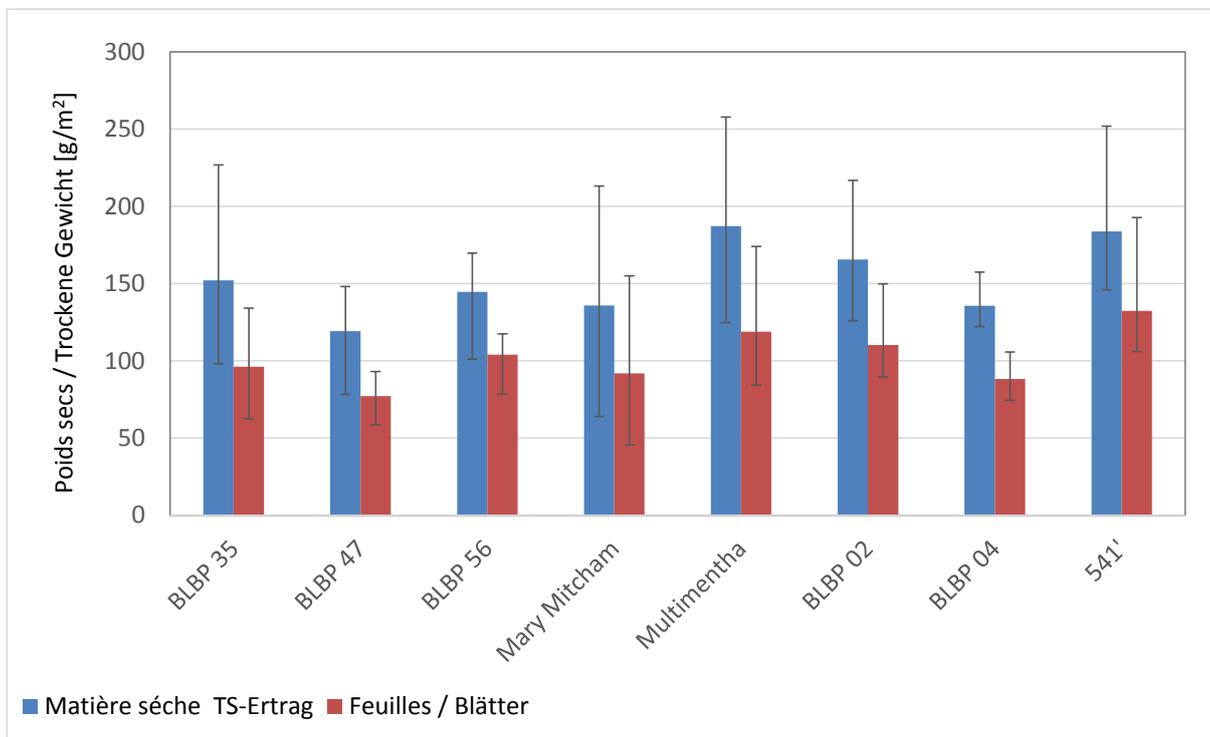
Parcelle / Parzelle	
Surface / Fläche	178 m ²
Dispositif / Dispositiv	5 * 30 plantes ; 150 /géotypes (avec 1 plate-bande tampon à droite/ mit einem Pufferbeet rechts)
Distances / Abstände	plate-bande 3 lignes/ Beet mit 3 Linien: 0.40 * 0.20 m
Densité / Dichte	9.4 plantes/m ²
Blocs / Blöcke	2.70 * 1.6 m = 4.32 m ² (+ 40 cm entre les blocs / zwischen den Blöcken)
Répétitions / Wiederholungen	4 + 2 bandes tampons pour les contrôle rouille / 4+2 Pufferbeete für die Überwachung von Rostbefall

Données culturales pour l'essai en 2015 et 2016/ Angaben über den Anbau 2015 und 2016			
Date de plantation Pflanzdatum	17 juin 2015	Paramètres analysés Analysierte Parameter	<ul style="list-style-type: none"> • Désherbage/Jäten • Rendement/Ertrag • Huile essentielle / Aeth.Oel • Composition de l'HE / Zusammensetzung A.Oel • Rouille/Rost
Dates de récolte Erntendatum	26 août 2015 22 juin 2016 22 aout 2016	Analyses/Analysen	<ul style="list-style-type: none"> • 32 HE + 8 GC (2015) • 64 HE + 40 GC (2016)

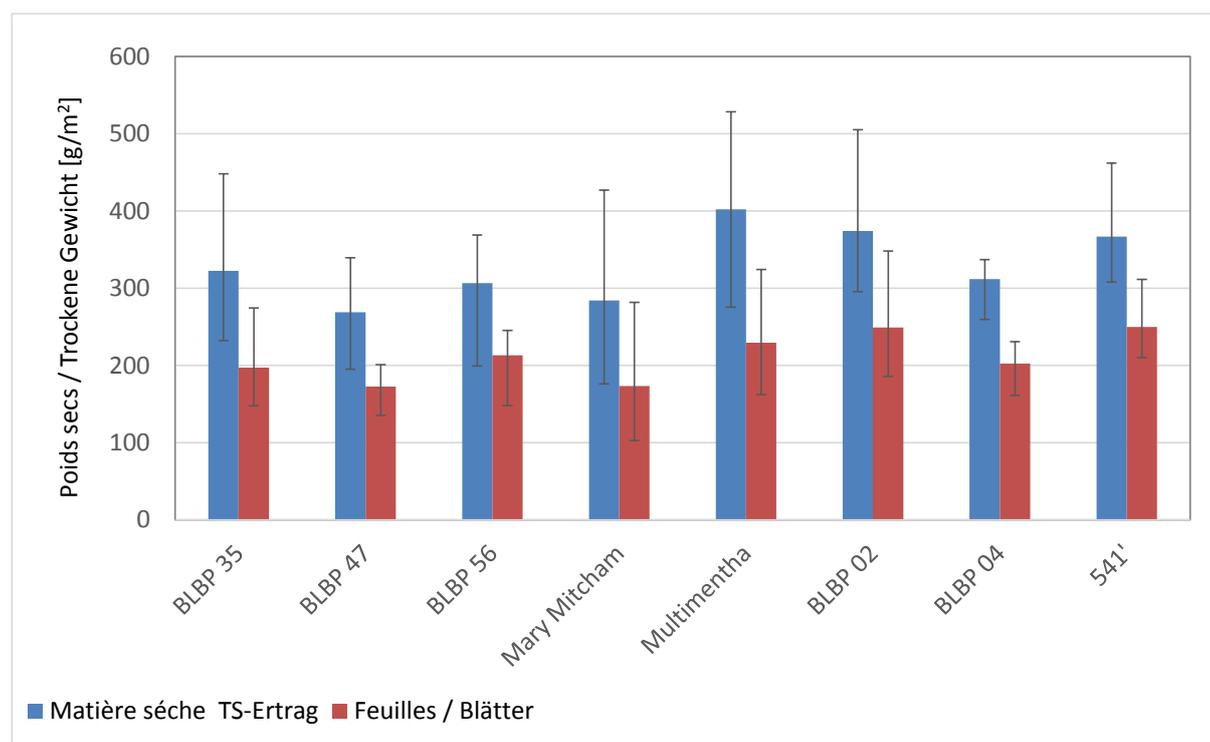
Résultats / Resultate



Rendement en matières sèches et en feuilles [g/m²] de huit clones de menthe poivrée. Moyenne de quatre répétitions. Les barres d'erreur indiquent le maximum et le minimum. Bruson, première récolte 2016.
 Ertrag an Trockensubstanz und Blättern [g/m²] von acht Klonen der Pfefferminze. Durchschnitt aus vier Wiederholungen. Die Fehlerbalken zeigen den maximalen und minimalen Wert. Bruson, erste Ernte 2016.



Rendement en matières sèches et en feuilles [g/m²] de huit clones de menthe poivrée. Moyenne de quatre répétitions. Les barres d'erreur indiquent le maximum et le minimum. Bruson, deuxième récolte 2016.
 Ertrag an Trockensubstanz und Blättern [g/m²] von acht Klonen der Pfefferminze. Durchschnitt aus vier Wiederholungen. Die Fehlerbalken zeigen den maximalen und minimalen Wert. Bruson, zweite Ernte 2016.



Rendement en matières sèches et en feuilles [g/m²] de huit clones de menthe poivrée. Moyenne de quatre répétitions. Les barres d'erreur indiquent le maximum et le minimum. Bruson, somme des récoltes 2016.
Ertrag an Trockensubstanz und Blättern [g/m²] von acht Klonen der Pfefferminze. Durchschnitt aus vier Wiederholungen. Die Fehlerbalken zeigen den maximalen und minimalen Wert. Bruson, Gesamternte 2016.

Clones Klone	Poids sec Trockengewicht [g/m ²]			Feuilles sèches Trockene Blätter [g/m ²]			Feuilles Blätter [%]		
	1e réc.	2e réc.	Total	1e réc.	2e réc.	Total	1e réc.	2e réc.	Moy.
BLBP 35	170	152	322	101 ^{ab}	96 ^{ab}	197	59.0 ^{ab}	64.2	61.4
BLBP 47	150	119	269	96 ^{ab}	77 ^b	173	64.5 ^{ab}	66.1	65.1
BLBP 56	162	145	307	109 ^{ab}	104 ^{ab}	213	67.8 ^a	72.5	70.1
Mary Mitcham	148	136	284	81 ^b	92 ^{ab}	173	54.4 ^{ab}	67.3	60.2
Multimentha	215	187	402	111 ^{ab}	119 ^{ab}	230	51.9 ^b	63.3	57.2
BLBP 02	208	166	374	139 ^{ab}	110 ^{ab}	249	66.1 ^a	66.6	66.1
BLBP 04	176	136	312	114 ^{ab}	88 ^{ab}	202	64.5 ^{ab}	64.9	64.7
541'	183	184	367	117 ^{ab}	132 ^{ab}	250	64.0 ^{ab}	71.6	70.0

Tukey Test: les petites lettres indiquent les différences significatives. Die kleinen Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede.

Rendement en matière sèche et en feuilles et taux de feuilles de huit clones de menthe poivrée. Moyenne de quatre répétitions. Bruson 2016.

Ertrag an Trockensubstanz und Blättern sowie prozentualer Anteil der Blätter von acht Klonen der Pfefferminze. Durchschnitt aus vier Wiederholungen. Bruson 2016.

Teneur et rendement en huile essentielle de huit clones de menthe poivrée à Brusson en 2016. Moyenne de quatre répétitions.

Gehalt und Ertrag an ätherischen Ölen von acht Klonen der Pfefferminze in Brusson im Jahr 2016. Durchschnitt aus vier Wiederholungen.

Clones Klone	Huile essentielle Äth. Öl [%]			Huile essentielle Äth. Öl [ml/m ²]		
	1e réc.	2e réc.	Total	1e réc.	2e réc.	Total
BLBP 35	2.39 ^b	3.54	2.95^{bcd}	2.2 ^b	3.3	5.6^c
BLBP 47	2.34 ^b	3.45	2.84^d	2.3 ^b	3.5	5.8^{bc}
BLBP 56	2.26 ^b	3.24	2.74^d	2.3 ^b	3.2	5.5^c
Mary Mitcham	2.30 ^b	3.51	2.94^{cd}	2.3 ^b	3.5	5.8^{bc}
Multimentha	2.28 ^b	3.61	2.97^{bcd}	2.3 ^b	3.6	5.9^{bc}
BLBP 02	3.13 ^a	3.78	3.43^a	3.1 ^a	3.8	6.9^a
BLBP 04	3.02 ^a	3.54	3.25^{abc}	3.0 ^a	3.5	6.6^{ab}
541'	2.91 ^a	3.65	3.29^{ab}	2.9 ^a	3.7	6.6^{ab}

Tukey Test: les petites lettres indiquent les différences significatives. Die kleinen Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede

Composition de l'huile essentielle [%] de huit clones de menthe poivrée. 1^e récolte 2016 à Brusson (moyenne de 4 répétitions).

Zusammensetzung des ätherischen Öls [%] von acht Klonen der Pfefferminze. Erste Ernte in Brusson im Jahr 2016 (Durchschnitt aus 4 Wiederholungen).

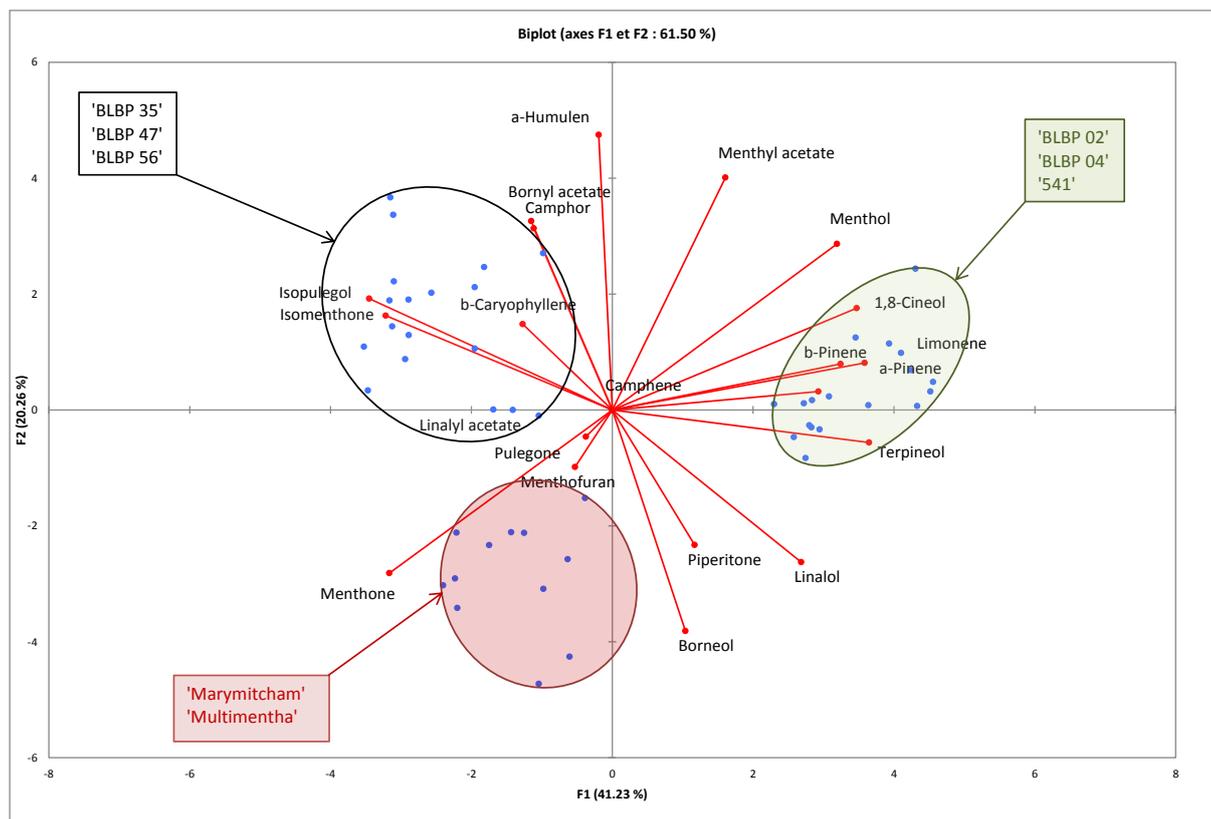
Clones Klone	$\alpha + \beta$ Pinene	Limone- ne	1,8 Cineol	Menthone	Mentho- furan	Isomen- thone	Camphor	Linalol	Menthyl acetate	Isopule- gol	Caryo- phyllene	Menthol	Pulegone	Humu- lene	Terpineol	Borneol	Piperitone
BLBP 35	0.97 ^b	0.72 ^c	3.58 ^b	52.21 ^{bc}	0.09 ^c	7.00 ^a	0.97 ^b	0.16 ^b	2.48 ^{ab}	0.17 ^{ab}	1.83 ^a	20.17 ^b	0.09 ^c	0.14 ^a	--	--	0.75 ^d
BLBP 47	1.04 ^b	0.76 ^c	3.40 ^{bc}	55.67 ^{abc}	0.14 ^{bc}	7.21 ^a	1.04 ^b	0.15 ^b	2.04 ^{abc}	0.17 ^a	1.60 ^a	17.89 ^b	0.12 ^{bc}	0.11 ^{ab}	--	--	0.82 ^d
BLBP 56	0.94 ^b	1.24 ^c	3.38 ^{bc}	50.98 ^c	0.74 ^a	4.44 ^b	0.94 ^b	0.19 ^b	1.78 ^{bcd}	0.08 ^d	1.80 ^a	19.60 ^b	0.76 ^a	0.12 ^{ab}	0.06 ^b	--	2.17 ^a
Mary Mitcham	1.01 ^b	0.63 ^c	3.44 ^{bc}	59.40 ^{ab}	0.28 ^b	3.82 ^c	0.20 ^d	0.25 ^a	0.88 ^{cd}	0.14 ^{abc}	1.07 ^b	16.17 ^b	0.18 ^{bc}	0.10 ^{bc}	0.07 ^b	0.07 ^a	1.96 ^b
Multimentha	0.91 ^b	0.65 ^b	3.02 ^c	62.21 ^a	0.26 ^{bc}	3.92 ^c	0.22 ^{cd}	0.29 ^a	0.61 ^d	0.13 ^{abcd}	1.15 ^b	14.85 ^b	0.18 ^{bc}	0.08 ^c	0.06 ^b	0.07 ^{ab}	2.13 ^a
BLBP 02	1.27 ^a	7.40 ^b	4.52 ^a	37.07 ^d	0.17 ^{bc}	2.13 ^d	0.27 ^{cd}	0.29 ^a	3.17 ^a	0.13 ^{abcd}	0.53 ^c	28.84 ^a	0.25 ^{bc}	0.10 ^{bc}	0.15 ^a	0.07 ^{bc}	1.63 ^c
BLBP 04	1.24 ^a	8.47 ^c	4.63 ^a	35.80 ^d	0.14 ^{bc}	2.10 ^d	0.26 ^{cd}	0.30 ^a	2.85 ^{ab}	0.12 ^{bcd}	0.53 ^c	28.36 ^a	0.20 ^{bc}	0.11 ^{ab}	0.13 ^a	0.07 ^c	1.66 ^c
541'	1.26 ^a	7.36 ^b	4.18 ^a	38.15 ^d	0.19 ^{bc}	2.16 ^d	0.26 ^{cd}	0.30 ^a	2.64 ^{ab}	0.10 ^{cd}	0.54 ^c	27.26 ^a	0.27 ^b	0.10 ^{bc}	0.13 ^a	0.06 ^c	1.62 ^c

Les petites lettres indiquent les différences significatives / Kleine Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede [Tukey Test]

Composition de l'huile essentielle [%] de huit clones de menthe poivrée. 2^e récolte 2016 à Brusson (moyenne de 4 répétitions)

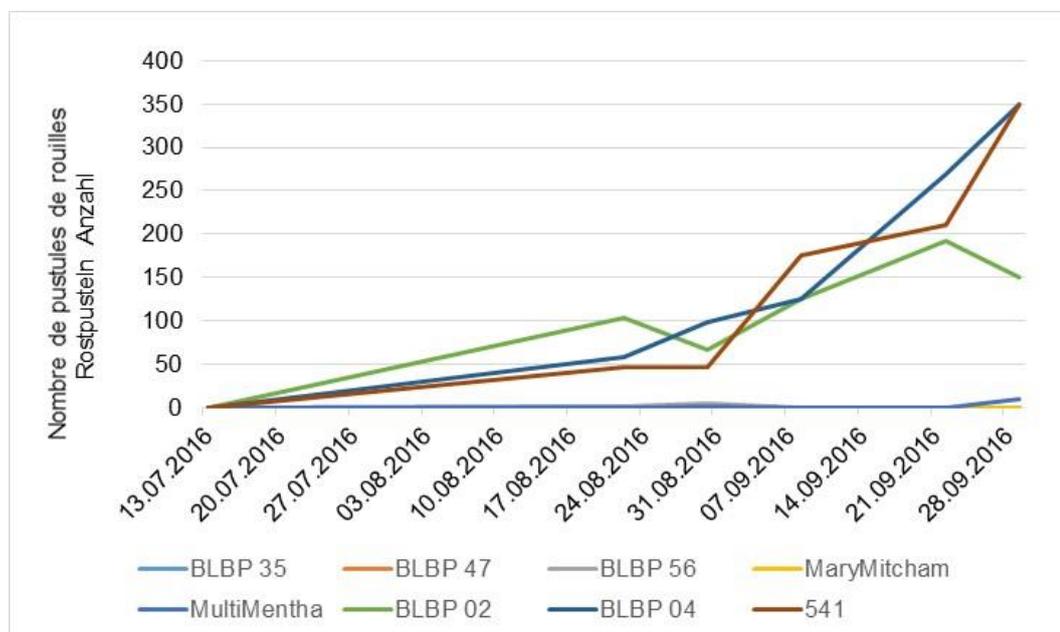
Zusammensetzung des ätherischen Öls [%] von acht Klonen der Pfefferminze. Zweite Ernte in Brusson im Jahr 2016 (Durchschnitt aus 4 Wiederholungen).

Clones Klone	$\alpha + \beta$ Pinene	Limone- ne	1,8 Cineol	Menthone	Mentho- furan	Isomen- thone	Camphor	Linalol	Menthyl acetate	Isopule- gol	Caryo- phyllene	Menthol	Pulegone	Humu- lene	Terpineol	Borneol	Piperitone
BLBP 35	1.14	0.97	3.55	49.55	0.54	7.14	0.25	0.19	4.12	0.18	1.48	21.77	0.30	0.14	--	0.07	0.73
BLBP 47	1.11	0.95	3.47	47.66	0.64	7.06	0.24	0.19	5.01	0.18	1.40	23.02	0.40	0.14	--	0.07	0.76
BLBP 56	1.16	1.48	3.71	36.73	3.73	4.12	0.38	0.22	2.45	0.12	1.49	29.44	2.88	0.15	--	--	1.51
Mary Mitcham	1.12	0.83	3.54	58.96	1.13	4.03	0.17	0.31	0.81	0.13	1.02	16.19	0.60	0.09	0.08	0.08	1.73
Multimentha	1.12	0.80	3.02	61.74	1.23	4.13	0.17	0.33	0.71	0.11	1.06	15.25	0.62	0.08	0.07	0.07	1.71
BLBP 02	1.58	6.34	5.20	33.04	0.48	2.35	0.22	0.31	2.84	0.12	0.61	32.39	0.39	0.12	0.16	0.06	1.75
BLBP 04	1.53	7.79	5.18	30.00	0.39	2.22	0.26	0.30	3.55	0.12	0.51	32.89	0.31	0.14	0.15	--	1.69
541'	1.57	6.51	4.92	33.70	0.40	2.35	0.23	0.32	2.87	0.12	0.42	31.86	0.38	0.12	0.16	0.06	1.77



Analyse en composantes principales de l'huile essentielle de huit clones de menthe poivrée. Moyenne de 6 analyses à Bruson et Zollbruck en 2016.

Hauptkomponentenanalyse des ätherischen Öls von acht Klonen der Pfefferminze. Durchschnitt aus 6 Analysen in Bruson und Zollbrück im Jahr 2016.



Evolution de l'infection de rouilles. Nombre de pustules sur 10 feuilles. Bruson, 2016.

Entwicklung von Rost-Infektionen. Anzahl Rostpusteln in zehn Blättern. Bruson, 2016.

Discussion

- Bien que les différences ne soient pas significatives, les clones 'Multimentha', 'BLBP 02' et '541' ont montré un meilleur potentiel de rendement en matière sèche et en feuilles.
- Les clones de type « Grün » 'BLBP 02', 'BLBP 04' et '541' se sont distingués par leur teneur et production d'huile essentielle.
- La teneur en huile essentielle et en menthol a été en moyenne plus élevée lors de la seconde récolte.
- Les analyses de la composition de l'huile essentielle permettent de classer les huit clones en trois groupes phytochimiques distincts. Les clones de type « Grün » 'BLBP 02', 'BLBP 04' et '541' se ressemblent avec un profil limonème (6.4-8 %), 1,8 cinéol (4.2-5.2%), menthone (30.0-38.2%) et menthol (27.5-32.9 %). Les clones 'Mary Mitcham' et 'Multimentha' se caractérisent par une teneur en menthone très élevée (59-62.2%) et sensiblement moins de menthol (14.9-16.2 %). Le profil chimique du groupe des autres clones du type « Dunkel » 'BLBP 35', 'BLBP 47' et 'BLBP 56' s'approche de celui de 'Mary Mitcham', mais avec une teneur un peu plus faible en menthone (36.7-55.7%) et davantage d'isomenthone (4.12-7.2%).
- Sur les feuilles de plantes non récoltées, des pustules de rouilles sont apparues sur les clones de type « Grün » 'BLBP 02', 'BLBP 04' et '541' dès la mi-juillet. En fin de saison, sur ces trois clones, la totalité des feuilles présentaient des spores de rouille. Les clones de type « Dunkel » sont plus résistants.

Diskussion

- Obwohl die Unterschiede nicht signifikant sind, zeigten die Klone 'Multimentha', 'BLBP 02' und '541' tendenziell ein höheres Ertragspotenzial bezüglich Trockensubstanz und Blättern.
- Die Klone des Typs «Grün» 'BLBP 02', 'BLBP 04' und '541' unterscheiden sich bezüglich Gehalt an ätherischem Öl.
- Der Gehalt an ätherischem Öl und an Menthol war im Durchschnitt bei der zweiten Ernte höher.
- Aufgrund der Analysen zur Zusammensetzung des ätherischen Öls liessen sich die acht Klone in drei phytochemisch unterschiedliche Gruppen einteilen: Die Klone des Typs «Grün» 'BLBP 02', 'BLBP 04' und '541' gleichen sich bezüglich des Gehalts an Limonen (6,4-8%), 1,8-Cineol (4,2-5,2%), Menthon (30,0-38,2%) und Menthol (27,5-32,9 %). Die Klone 'Mary Mitcham' und 'Multimentha' zeichnen sich aus durch einen sehr hohen Menthon-Gehalt (59-62,2%) und deutlich weniger Menthol (14,9-16,2 %). Das chemische Profil der Gruppe der anderen Klone des Typs «Dunkel» 'BLBP 35', 'BLBP 47' und 'BLBP 56' gleichen eher jenem von 'Mary Mitcham', haben jedoch einen etwas geringeren Gehalt an Menthon (36,7-55,7%) und mehr Isomenthon (4,12-7,2%).
- Auf den Blättern nicht geernteter Pflanzen wurden bei den Klonen des Typs «Grün» 'BLBP 02', 'BLBP 04' und '541' ab Mitte Juli Rostpusteln festgestellt. Ende Saison wiesen bei diesen drei Klonen alle Blätter Rostsporen auf. Die Klone des Typs «Dunkel» waren resistenter.



La rouille de la menthe (*Puccinia menthae*) sur le clone '541'
Rostpilz (*Puccinia menthae*) auf dem Klon '541'

B. Essai de Zollbruck

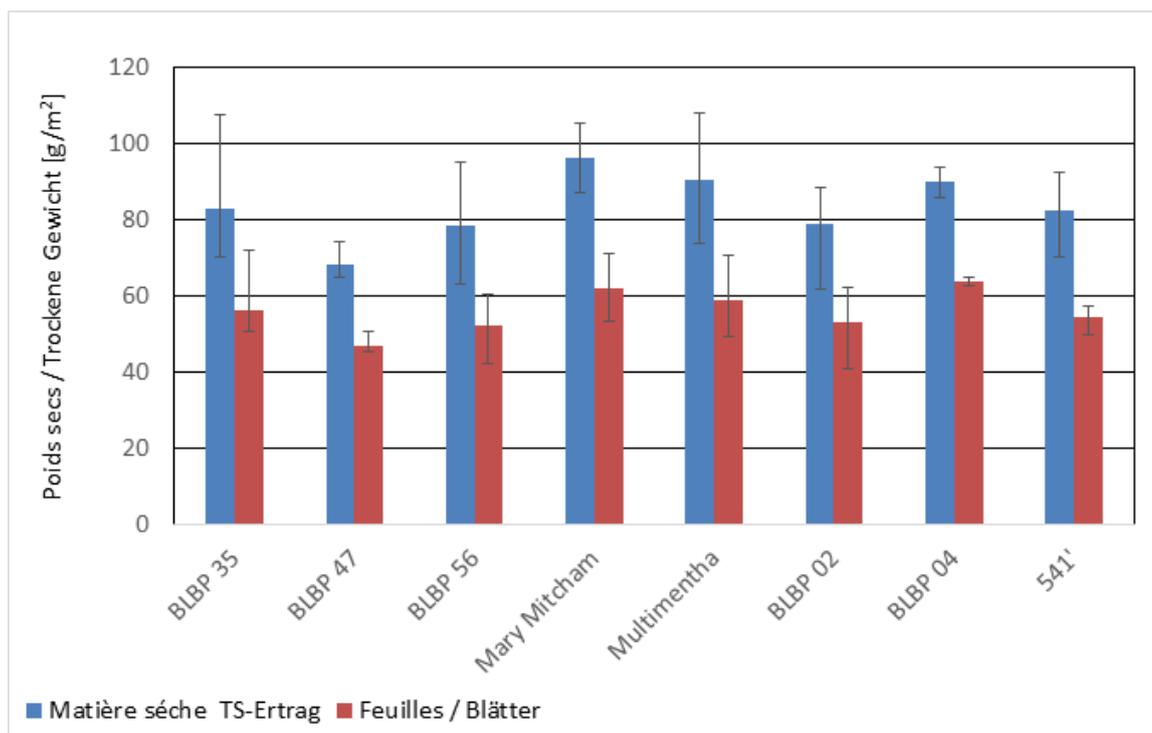
Clones / Klone	
Type « Dunkel »	'BLBP 35', 'BLBP 47' et 'BLBP 56' (LFL)
Type « Grün »	'BLBP 02' et 'BLBP 04' (LFL)
Témoins/ Standard	
Type « Dunkel »	'Mary Mitcham' et 'Multimentha' (Jardin des Senteurs, NE)
Type « Grün »	'541'

Parcelle / Parzelle	
Surface / Fläche	328 m ²
Dispositif / Dispositiv	8 blocs de deux plates-bandes de 10 m linéaire ; 42 m ² . 400 plantes /génotypes 8 Blöcke mit zwei 10 m langen Beeten; 42 m ² . 400 Pflanzen/Genotyp
Distances / Abstände	plate-bande 3 lignes/ Beet mit 3 Linien: 0.45 * 0.20 m
Densité / Dichte	8.8 plantes/m ²

Données culturales pour l'essai en 2016/ Angaben über den Anbau 2016			
Date de plantation Pflanzdatum	2 juin 2016	Paramètres analysés Analysierte Parameter	<ul style="list-style-type: none"> • rendement/Ertrag • huile essentielle / Aeth.Oel • composition de l'HE / Zusammensetzung A.Oel • rouille/Rost
Dates de récolte Erntendatum	7 septembre 2016	Analyses/Analysen	<ul style="list-style-type: none"> • 32 HE + 8 GC (2016)



Vue de l'essai de Zollbruck, le 7 septembre lors de la récolte
Versuch in Zollbruck, am 7. September bei der Ernte



Rendement en matières sèches et en feuilles [g/m²] de huit clones de menthe poivrée. Moyenne de quatre répétitions. Les barres d'erreur indiquent le maximum et le minimum. Zollbruck, première récolte 2016.
Ertrag an Trockensubstanz und Blättern [g/m²] von acht Klonen der Pfefferminze. Durchschnitt aus vier Wiederholungen. Die Fehlerbalken zeigen den maximalen und minimalen Wert. Zollbruck, erste Ernte 2016.

Clones Klone	Poids sec Trockengewicht [g/m ²]	Feuilles sèches Trockene Blätter [g/m ²]	Feuilles Blätter [%]	Huile essentielle Äth. Öl [%]	Huile essentielle Äth. Öl [ml/m ²]
BLBP 35	82.8 ^{ab}	55.9 ^{ab}	67.6 ^{ab}	3.40 ^{cd}	1.89 ^{abc}
BLBP 47	68.3 ^b	46.6 ^b	68.4 ^{ab}	3.50 ^{bc}	1.63 ^c
BLBP 56	78.3 ^{ab}	52.0 ^{ab}	66.8 ^{ab}	3.09 ^e	1.61 ^c
Mary Mitcham	96.3 ^a	61.8 ^{ab}	64.1 ^b	3.76 ^b	2.33 ^{ab}
Multimentha	90.5 ^{ab}	58.6 ^{ab}	64.9 ^{ab}	4.11 ^a	2.41 ^a
BLBP 02	78.8 ^{ab}	52.8 ^{ab}	66.9 ^{ab}	3.46 ^{cd}	1.83 ^{abc}
BLBP 04	90.0 ^{ab}	63.5 ^a	70.7 ^a	3.63 ^{bc}	2.30 ^{ab}
541'	81.8 ^{ab}	54.3 ^{ab}	66.4 ^{ab}	3.21 ^{de}	1.74 ^{bc}

Tukey Test: les petites lettres indiquent les différences significatives. Die kleinen Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede.

Rendement en matière sèche et en feuilles [g/m²], taux de feuilles [%] teneur et rendement en huile essentielle de huit clones de menthe poivrée. Moyenne de quatre répétitions. Zollbruck 2016.
Ertrag an Trockensubstanz und Blättern [g/m²] und prozentualer Anteil der Blätter [%] von acht Klonen der Pfefferminze. Durchschnitt aus vier Wiederholungen. Bruson 2016.

Discussion

- Comme à Bruson, à Zollbruck, en première année de culture, le clone le 'BLBP 47' a été le moins productif en biomasse. En revanche, la production en biomasse du clone 'Mary Mitcham' a été élevée.
- La teneur en huile essentielle est globalement très bonne, supérieure à celles obtenues à Bruson. Le clone 'Multimentha' s'est distingué par sa production en huile essentielle.
- Résistance à la rouille (*Puccinia menthae*): comme à Bruson, les trois clones de type « Grün » 'BLBP 02', 'BLBP 04' et '541' se sont montrés moins résistants. A la récolte ils présentaient en moyenne entre 10-50 fructifications (pustules) par feuilles.

Dégustation d'infusion. Comparaison des huit clones

Matériel et méthode

A Conthey, le 5 octobre 2016, huit infusions obtenues à partir de clones de menthes différents ont été dégustés par dix-neuf personnes. La dégustation a eu lieu dans le laboratoire d'analyses sensorielles.

Les infusions ont été préparées avec 4 g de menthe séchée pour 1L d'eau bouillante, infusés pendant 5 minutes.

Les dégustateurs ont effectués deux tests successifs:

1. les huit infusions étaient comparées à une infusion témoin et notées : meilleure que le témoin (+), moins bonne que le témoin (-) ou identique au témoin (=). Le témoin correspondait au clone '541'. Il faisait également parti d'un des huit clones à tester mais les dégustateurs l'ignoraient.

2. les huit infusions étaient dégustées et notées de 1 à 9 en fonction de l'appréciation organoleptique (1: très mauvais; 2: mauvais; 5: ni bon ni mauvais; 7: bon; 9: très bon).

Diskussion

- *Wie in Bruson war auch in Zollbrück der Klon 'BLBP 47' im ersten Anbaujahr weniger produktiv bezüglich der Biomasse. Im Gegensatz dazu war die Biomasseproduktion beim Klon 'Mary Mitcham' hoch.*
- *Der Gehalt an ätherischem Öl ist insgesamt sehr gut und höher als in Bruson. Der Klon 'Multimentha' zeichnet sich durch die hohe Produktion von ätherischem Öl aus.*
- *Resistenz gegenüber Rostpilz (*Puccinia menthae*): Wie in Bruson zeigten die drei Klone des Typs «Grün» 'BLBP 02', 'BLBP 04' und '541' weniger Resistenz. Bei der Ernte wiesen sie durchschnittlich 10-50 Fruchtkörper (Pusteln) pro Blatt auf.*

Teeverkostung. Vergleich von acht Klonen

Material und Methoden

In Conthey wurden am 5. Oktober 2016 von 19 Personen acht aus verschiedenen Klonen der Pfefferminze zubereitete Kräutertees degustiert. Die Degustation fand im Sensorik-Labor statt.

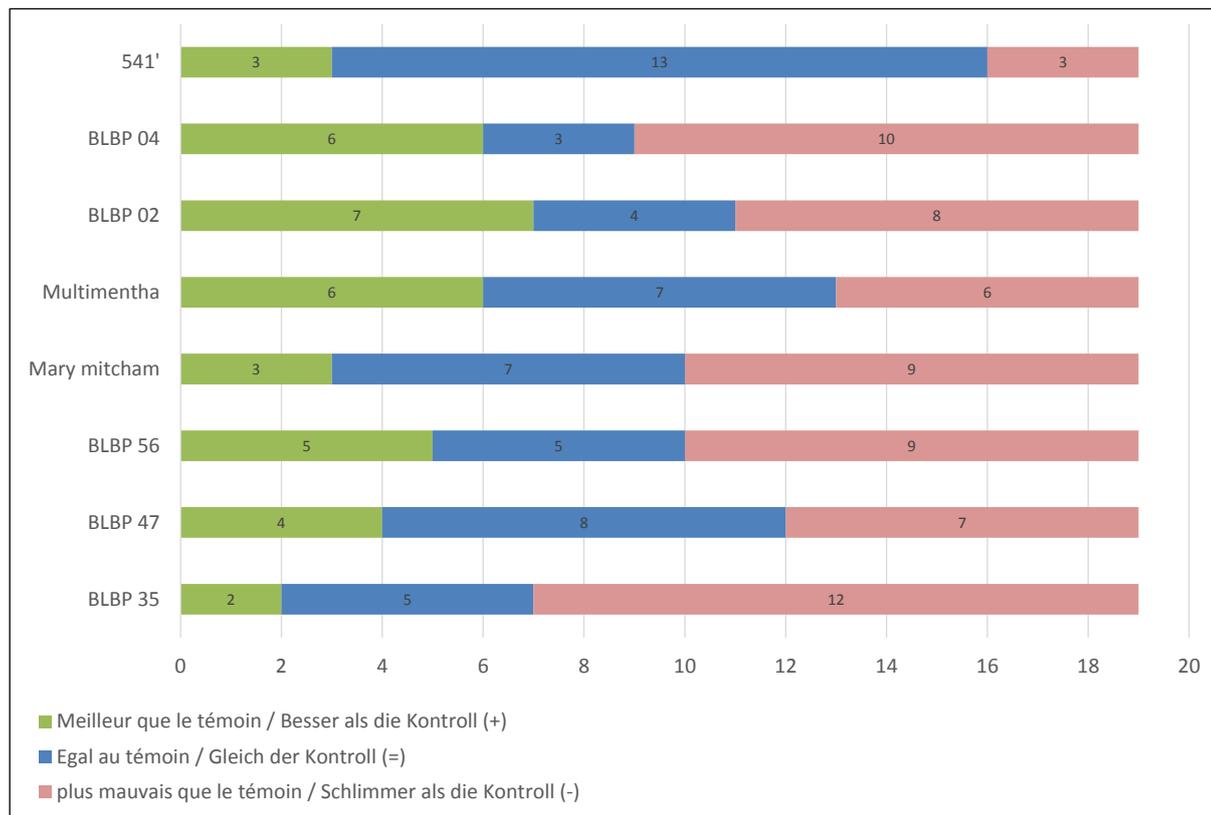
Für die Tees wurden 4 g getrocknete Pfefferminze mit 1l kochendem Wasser aufgegossen und während 5 Minuten ziehen gelassen.

Die Degustatoren nahmen zwei aufeinanderfolgende Tests vor:

1. Vergleich der acht Tees mit einem Kontrolltee und Bewertung: besser als die Kontrolle (+), schlechter als die Kontrolle (-) oder gleichwertig wie Kontrolle (=). Als Kontrolle diente der Klon '541'. Auch einer der acht geprüften Tees wurde aus diesem Klon zubereitet, ohne dass die Degustatoren dies wussten.

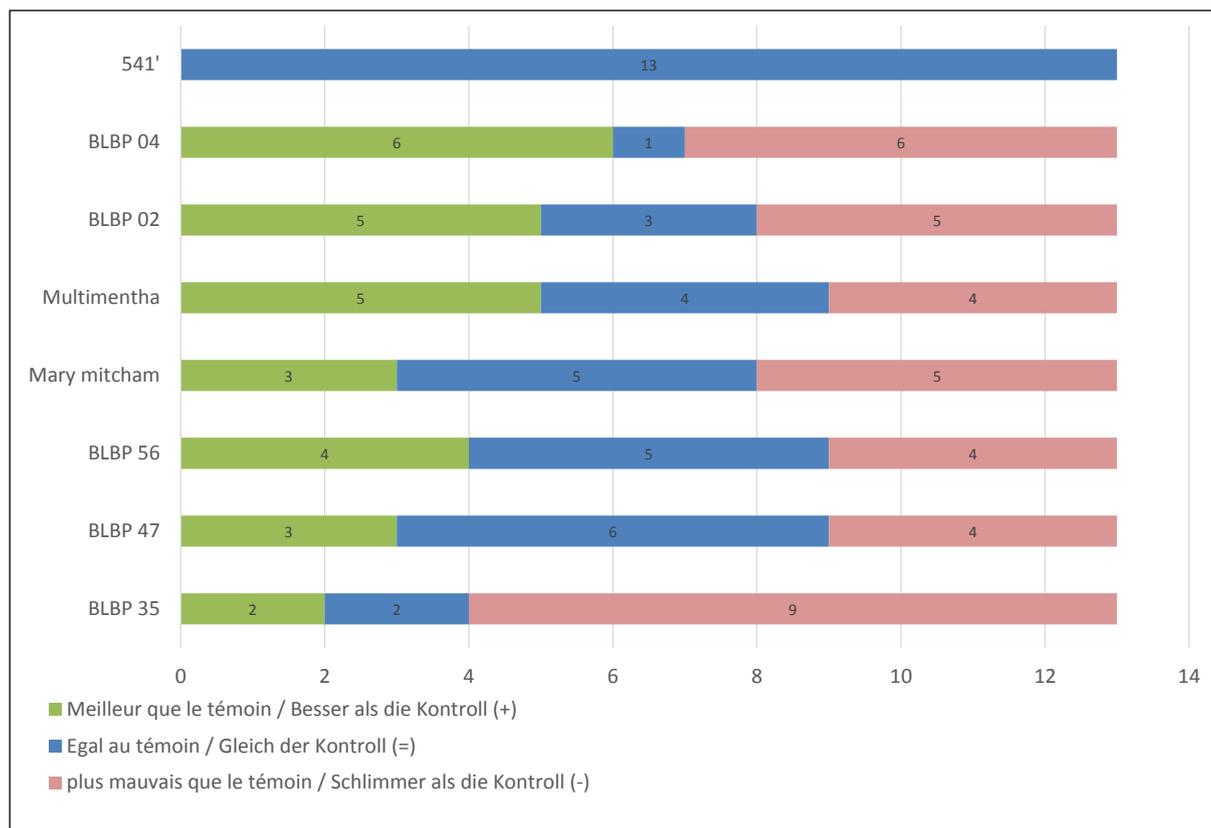
2. Degustation der acht Tees und Bewertung mit einer Note zwischen 1 und 9 aufgrund der organoleptischen Wahrnehmung (1: sehr schlecht; 2: schlecht; 5: weder gut noch schlecht; 7: gut; 9: sehr gut).

Résultats / Ergebnisse



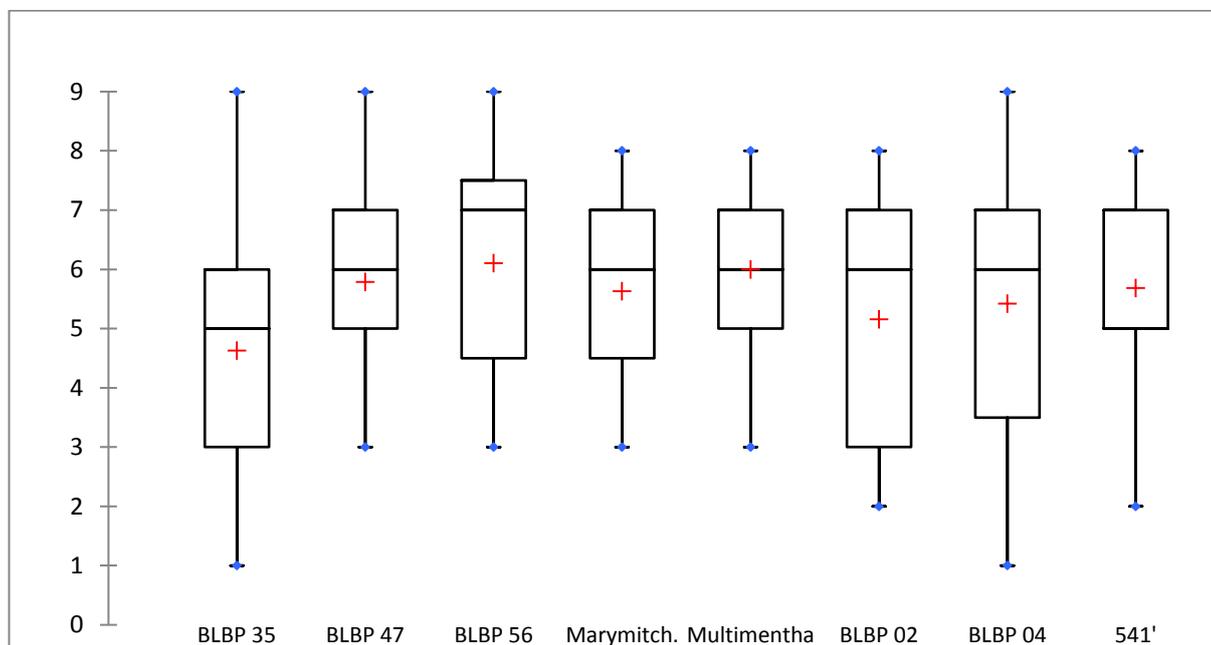
Test 1. : Comparaison de huit clones de menthe poivrée en tisane à un témoin (clone '541'). Résultat d'un panel de 19 dégustateurs.

Test 1: Vergleich von Kräutertee aus acht Klonen der Pfefferminze mit der Kontrolle (Klon '541'). Ergebnis eines Panels von 19 Degustatoren.



Test 1 : Comparaison de huit clones de menthe poivrée en tisane à un témoin (clone '541'). Résultat des 13 dégustateurs qui ont estimé que le témoin avait une saveur identique au clone '541'.

Test 1: Vergleich von Kräutertee aus acht Klonen der Pfefferminze mit der Kontrolle (Klon '541'). Ergebnis der 13 Degustatoren, die den Geschmack des Klon '541' und der Kontrolle als identisch einstufen.



Test 2 : Notation par un panel de dix-neuf dégustateurs de huit clones de menthe poivrée. Notes de 1-9 (1: très mauvais; 2: mauvais; 5: ni bon ni mauvais; 7: bon; 9: très bon).

Test 2: Bewertung von acht Klonen der Pfefferminze durch ein Panel von 19 Degustatoren. Noten von 1-9 (1: sehr schlecht; 2: schlecht; 5: weder gut noch schlecht; 7: gut; 9: sehr gut).

Résultats

Sur les dix-neuf dégustateurs, treize ont trouvé que le clone '541' avait le même goût que le témoin, ce qui était le cas. Les six autres ont estimé le clone '541' meilleur (3) ou moins bon (3) que le témoin. La grande variation d'appréciation entre les dégustateurs n'a pas permis d'observer de différences statistiques. Tendanciellement, seul le clone 'BLBP 35' a été jugé plus mauvais que le témoin. En considérant uniquement les treize dégustateurs qui ont estimé que le clone '541' était identique au témoin, l'interprétation des résultats reste la même. Une relative surprise est que les deux clones de type « grün » 'BLBP 02', 'BLBP 04' ont été clairement différenciés du clone témoin, alors que la composition de leur huile essentielle était très similaire au témoin.

Les notes moyennes attribuées dans le test 2 pour chacun des clones variaient entre 4,63 et 6,11 avec des écarts-type importants (de 1,54 à 2,43) qui illustrent la grande variabilité dans les notes attribuées d'un dégustateur à l'autre. L'analyse de variance confirme que les différences de perception ne sont pas significatives.

Des critères morphologiques, phytochimiques (teneur en menthol et menthone) et de résistance à la rouille permettent de classer les huit clones testés en trois 3 groupes distincts. Les deux groupes de menthes du type « Dunkel » : 'BLBP 56', 'BLBP 47' et 'BLBP 35' ainsi que 'Mary Mitcham' et 'Multimentha' ont une teneur plus élevée en menthone et plus faible en menthol que les clones du type « Grün » : 'BLBP 02', 'BLBP 04' et '541'. Aucune corrélation entre l'appréciation organoleptique d'un clone par rapport à sa teneur en huile essentielle générale, en menthol ou en menthone n'a été constatée.

Discussion

- Dans les conditions de ces test, aucune infusion de menthe n'a été significativement mieux appréciée qu'une autre par les dégustateurs. En cas de confirmation de ce test préliminaire par les industries ou les acheteurs, un changement du clone '541' au profit d'un clone plus productif en biomasse ou résistant à la rouille pourrait être à terme envisagé.
- La pertinence de ces tests et des questions posées est aussi discutée. Le nombre importants d'infusions comparées (huit) est probablement trop élevé et a été source de confusion.
- Pour nouveau test sensoriel, il serait souhaitable de diminuer le nombre d'infusions afin de faciliter le travail des dégustateurs. Des tests « 2 parmi 5 » par paires permettraient probablement de déterminer de manière plus précise si des différences de goût sont perçues par le consommateur entre ces différents clones.

Resultate

Von den 19 Degustatoren stellten 13 zutreffend fest, dass der Klon '541' den gleichen Geschmack wie die Kontrolle hatte. Die übrigen sechs Degustatoren stufen den Klon '541' besser (3) oder schlechter (3) ein als die Kontrolle. Wegen den grossen Abweichungen zwischen den Degustatoren konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Nur der Klon 'BLBP 35' wurde tendenziell schlechter als die Kontrolle eingestuft. Auch wenn nur die 13 Degustatoren berücksichtigt wurden, die den Klon '541' als identisch mit der Kontrolle erkannten, ändert sich nichts an der Interpretation. Etwas überraschend wurden die beiden Klone des Typs «Grün» 'BLBP 02' und 'BLBP 04' als deutlich unterschiedlich von der Kontrolle wahrgenommen, obwohl die Zusammensetzung des ätherischen Öls sehr ähnlich ist.

Die Durchschnittsnoten der Klone von Test 2 lagen zwischen 4,63 und 6,11 mit bedeutenden Standardabweichungen (von 1,54 bis 2,43), welche die grosse Variabilität der Benotung zwischen den Degustatoren zeigen. Die Varianzanalyse bestätigt, dass die Unterschiede der Wahrnehmung nicht signifikant sind.

Aufgrund morphologischer und phytochemischer (Menthol- und Menthongehalt) Merkmale sowie der Resistenz gegenüber Rost lassen sich die acht geprüften Klone in drei Gruppen unterteilen. Die beiden Gruppen mit Klonen des Typs «Dunkel» ('BLBP 56', 'BLBP 47' und 'BLBP 35' bzw. 'Mary Mitcham' und 'Multimentha') haben einen höheren Menthongehalt als die Klone des Typs «Grün» ('BLBP 02', 'BLBP 04' und '541'). Es wurde keine Korrelation zwischen der organoleptischen Bewertung und dem allgemeinen Gehalt an ätherischem Öl bzw. dem Menthol- oder Menthongehalt festgestellt.

Diskussion

- Bei den Bedingungen dieses Tests wurde kein Pfefferminztee von den Degustatoren signifikant besser bewertet. Wenn dieser Vorversuch durch die Branche oder die Einkäufer bestätigt wird, könnte ein Wechsel vom Klon '541' auf einen Klon erwogen werden, der mehr Biomasse produziert oder widerstandsfähiger gegenüber Rost ist.
- Die Aussagekraft dieser Tests und der untersuchten Fragen wird ebenfalls diskutieren. Vermutlich sorgte die hohe Zahl der verglichenen Tees (acht) für Verwirrung.
- Bei einem neuen sensorischen Test wäre es wünschenswert, die Anzahl getesteter Tees zu reduzieren, um die Arbeit der Degustatoren zu erleichtern. Mit paarweise durchgeführten «2 aus 5»-Tests könnte vermutlich genauer bestimmt werden, ob zwischen diesen verschiedenen Klonen von den Konsumenten Geschmacksunterschiede wahrgenommen würden.

5. Sélection / Züchtung

Salvia officinalis

But

Amélioration variétale pour une nouvelle variété avec les mêmes qualités que 'Regula', mais avec une bien meilleure productivité en semences.

2012-2013

- 27 provenances (Allemagne, Hongrie, Suisse)
- HE, homogénéité, résistance au gel hivernal, viabilité du pollen, production de semences (2 récoltes)

2014

- Choix de 10 provenances :

7 – LFL ^a Julius Wagner	17 – Corvinus ^b Napoca
10 – LFL ^a B.S.V.	19 – Corvinus ^b Regensburg
12 – Corvinus ^b 3 Extrakta	21 – Corvinus ^b Földesi
13 – Corvinus ^b Poznan	23 – ACW ^c Echter Extrakta - Pharmasaat
14 – Corvinus ^b Nantes	29 – Hem Zaden

^aLFL = Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

^bCorvinus University, Budapest, Hungary

^cAgroscope, Centre de Recherches Conthey, Switzerland

2014-2015

- Choix de 10 mâles fertiles (MF) : floraison synchrone, production de semences, viabilité du pollen, hauteur, teneur en HE (le premier chiffre correspond aux provenances du tableau ci-dessus):8.5

7-3-MF	10-9-MF	13-1-MF	14-7-MF	14-9-MF
17-6-MF	17-7-MF	19-7-MF	21-8-MF	29-2-MF

2015-2016

- Bouturage des 10 MF : 15 pots/MF

2017

- Polycross des 10 MF et récolte semences
- multiplication des 10 MF en vue de la production de semences

2018-2020

- Comparaison agronomique et phytochimique du polycross MF (nouvelle variété) avec les témoins 'Regula' + 'Extrakta'

2019

- Si les premiers résultats sont positifs, organisation de la production de semences chez Mediseeds

2020

- Lancement de la nouvelle variété.
- Publication

Ziel

Sortenverbesserung für eine neue Sorte mit den gleichen Eigenschaften wie 'Regula', aber mit einer viel besseren Samenproduktion.

2012-2013

- 27 Herkünfte (Deutschland, Ungarn, Schweiz)
- ÄÖ, Homogenität, Frostbeständigkeit, Lebensfähigkeit der Pollen, Samengewicht (2 Ernten)

2014

- Auswahl von 10 Herkünften:

2014-2015

- Auswahl von 10 männlich fertilen Herkünften (MF): synchrone Blütezeit, Samengewicht, Lebensfähigkeit Pollen, Höhe, ÄÖ Gehalt (die erste Ziffer entspricht den Herkünften der obigen Tabelle)

2015-2016

- Vermehrung der 10 MF: 15 Töpfe/MF

2017

- Polycross der 10 MF und Samenernte
- Vermehrung der 10 MF im Hinblick auf die Samenproduktion

2018-2020

- Agronomischer und phytochemischer Vergleich des Polycross-MF (neue Sorte) mit den Kontrollen 'Regula' + 'Extrakta'

2019

- Falls die ersten Ergebnisse positiv sind: Organisation der Saatgutproduktion bei Mediseeds

2020

- Lancierung der neuen Sorte
- Publikation

Hyssopus officinalis

But

Amélioration variétale pour une nouvelle variété tétraploïde (doublement du nombre de chromosomes) avec les mêmes qualités que 'Perlay', mais avec une bien meilleure productivité en huile essentielle.

2014

- Choix des 5 meilleurs tétraploïdes fertiles
- Semis en pots pour analyse des descendants

2015

- Ploïdie et bouturage des parents et descendants

2016-2017

- Plantation essai 5 parents + 5 descendants + 'Perlay'
- Rendement + composition HE et biomasse (2 récoltes)

Ziel

Sortenverbesserung durch eine neue tetraploide Sorte (Verdoppelung der Anzahl der Chromosomen) mit den gleichen Eigenschaften wie 'Perlay' aber mit einer besseren Produktion (TS und ätherisches Öl).

2014

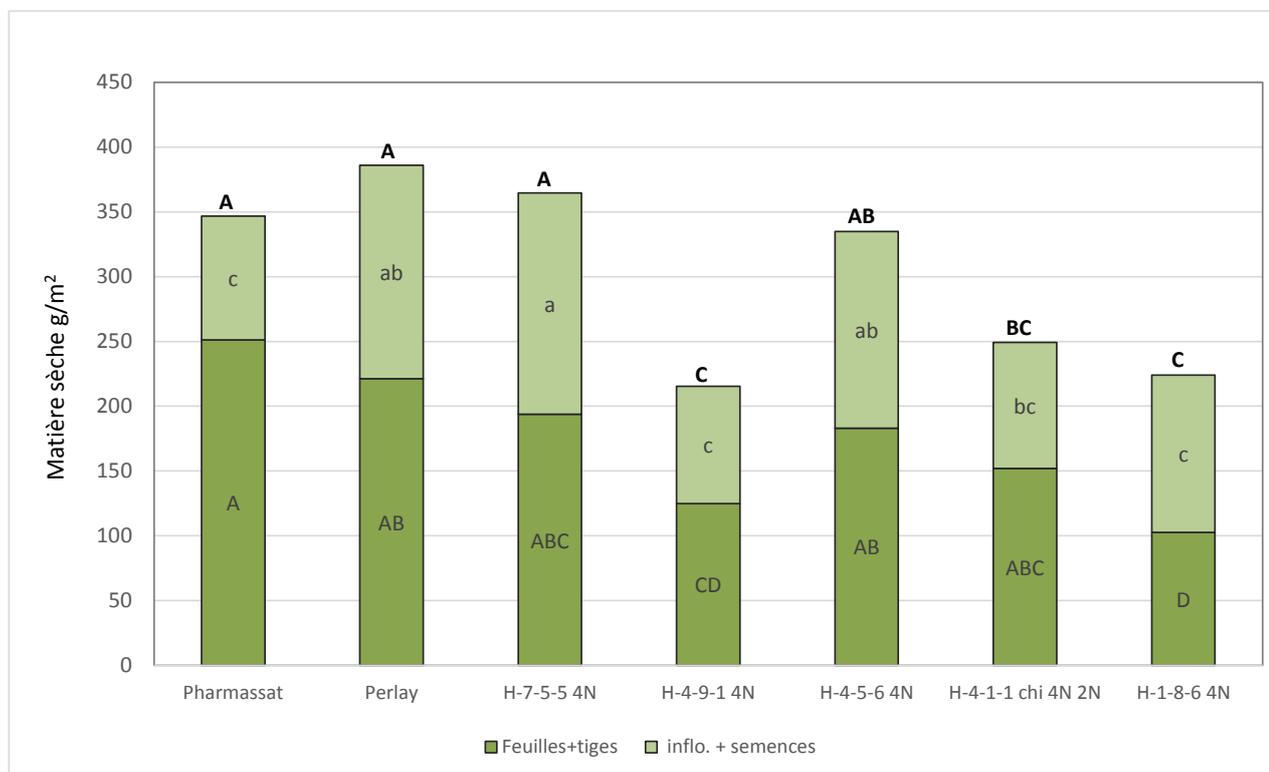
- Wahl der 5 besten fertilen Tetraploiden
- Aussaat zur Analyse der Nachkommen

2015

- Ploidie und Stecklinge der Eltern + Nachkommen

2016-2017

- Versuch Anpflanzung 5 Eltern + 5 Nachkommen + Vergleich mit 'Perlay'
- Ertrag + Zusammensetzung ÄÖ + Biomasse (2 Ernte)

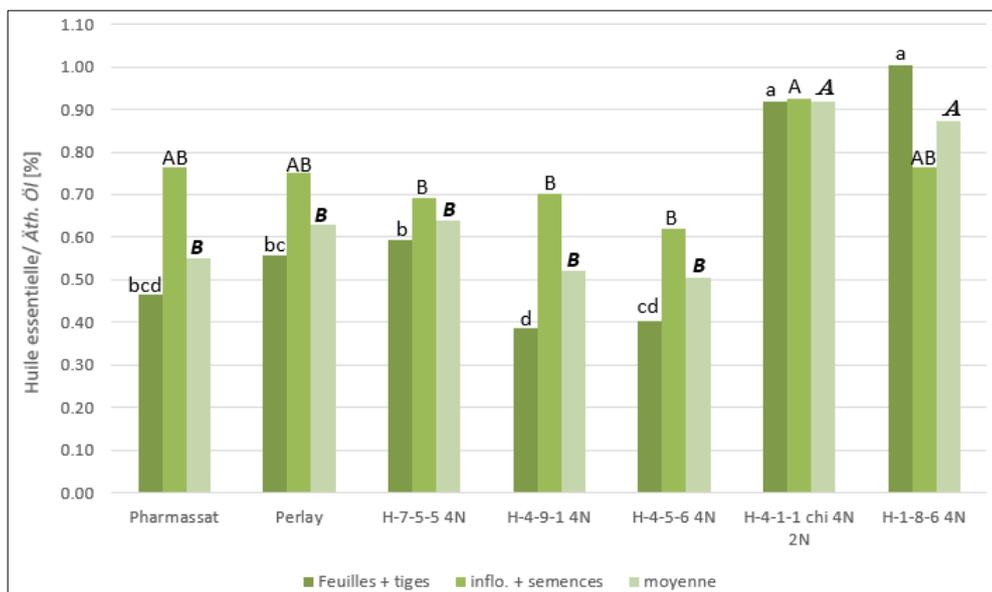


Rendement en matière sèche [g/m²] des tétraploïdes d'hysope en comparaison avec les témoins du commerce. Moyenne de quatre répétitions. Conthey 2016. Tukey test: les lettres différentes indiquent des différences significatives.

Ertrag an Trockensubstanz [g/m²] von tetraploiden Ysop-Klonen im Vergleich mit den Standards, die auf dem Markt erhältlich sind. Durchschnitt aus vier Wiederholungen. Conthey 2016. Tukey Test: unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede.

- En comparaison des standards Pharmasaat et 'Perlay', les rendements feuilles + tiges sont significativement plus bas pour H-4-9-1 4N et H-1-8-6 4N. Les rendements inflorescences + semences sont significativement haut que Pharmasaat pour H-7-5-5 4N et H-4-5-6 4N, et significativement plus bas que 'Perlay' pour H-4-9-1 4N et H-1-8-6 4N.

- Im Vergleich mit den Standards Pharmasaat und 'Perlay' sind die Erträge Blätter + Stängel signifikant tiefer bei H-4-9-1 4N und H-1-8-6 4N. Die Erträge Blüten + Samen sind signifikant höher bei H-7-5-5 4N und H-4-5-6 4N als bei Pharmasaat und signifikant tiefer bei H-4-9-1 4N und H-1-8-6 4N als bei 'Perlay'.



Teneur et rendement en huile essentielle [%] des tétraploïdes d'hysope en comparaison avec les témoins du commerce. Moyenne de quatre répétitions à Conthey 2016.

Zusammensetzung und Ertrag an ätherischen Ölen von tetraploïden Ysop-Klonen im Vergleich mit den Standards, die auf dem Markt erhältlich sind. Durchschnitt aus vier Wiederholungen. Conthey 2016.

- En comparaison des standards Pharmasaat et 'Perlay', les teneurs en huile essentielle sont plus faibles pour H-4-9-1 4N et H-4-5-6 4N, similaires pour H-7-5-5 4N et plus élevées pour H-4-1-1 Chi 4N et H-1-8-6 4N.

- Im Vergleich mit den Standards Pharmasaat und 'Perlay' sind die Erträge an ätherischem Öl tiefer bei H-4-9-1 4N und H-4-5-6 4N, ähnlich bei H-7-5-5 4N und höher bei H-4-1-1 Chi 4N und H-1-8-6 4N.

2017-2019

- Comparaison agronomiques et phytochimiques de la descendance des semences récoltées sur les clones tétraploïdes avec les témoins Pharmasaat et Perlay.

- En fonction des résultats, multiplication du ou des clones pour la production de semences de la future variété.

- Si les premiers résultats sont positifs, organisation de la production de semences chez Mediseeds

2020

- Lancement de la nouvelle variété.
- Publication

2017-2019

- Agronomischer und phytochemischer Vergleich der Nachkommen, die aus den Samen der tetraploïden Klone gezogen werden, mit den Kontrollen Pharmasaat und Perlay.

- Je nach den Ergebnissen Vermehrung des Klons oder der Klone für die Saatgutproduktion der künftigen Sorte.

- Falls die ersten Ergebnisse positiv ausfallen: Organisation der Saatgutproduktion bei Mediseeds

2020

- Lancierung der neuen Sorte
- Publikation

6. Ravageurs

Auteurs : Catherine Baroffio, Claude-Alain Carron, Coline Braud, Maeva Miranda



Longitarsus sp

Tiré du travail de bachelor de Coline Braud (HEPIA HES-SO Genève)

Présentation du ravageur

Ordre : Coleoptera

Famille : Chrysomelidae

Espèces présumées :

Longitarsus lycopi : vol en avril

Longitarsus ferrugineus : vol en juillet

Vorstellung des Schädlings

Ordnung : Coleoptera

Familie : Chrysomelidae

Vermutete Spezies :

Longitarsus lycopi : Flugperiode April

Longitarsus ferrugineus : Flugperiode Juli

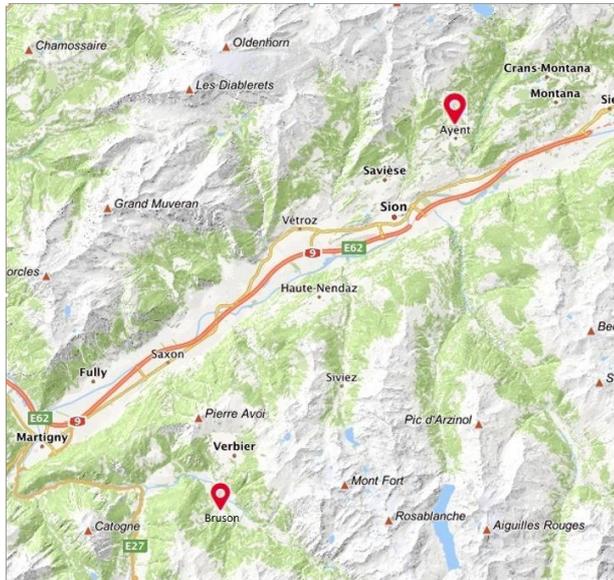


De gauche à droite: Larves, adulte et dégâts sur menthe poivrée de *Longitarsus*

Von links nach rechts: Larven und Adulttiere von *Longitarsus* sowie Schäden auf Pfefferminze

Essais 2016

Les piégeages ont été effectués dans des cultures de menthe poivrée situées dans deux communes différentes en Valais: Ayent (1020 m alt.) et Bruson (1050 m alt.).



Emplacement des sites d'étude
Lage der beiden Versuchsstandorte

Les prélèvements faunistiques, à l'aide du Dvac (aspirateur à moteur), ont été effectués hebdomadairement avec une aspiration à ras la végétation sur 10 m linéaire, de mai à octobre. Les pièges Rebell englués étaient positionnés 20-30 cm au-dessus de la végétation.



Parcelle d'essai d'Ayent. Des pièges Rebell de différentes couleurs jaune, blanc et rouge ont été testés.
Versuchparzelle in Ayent. Es wurden gelbe, weisse und rote Fallen des Typs Rebell getestet.

Versuch 2016

Die Fänge wurden in Pfefferminze-Kulturen in zwei verschiedenen Gemeinden im Wallis durchgeführt: Ayent (1020 m.ü.M) und Bruson (1050 m.ü.M.).

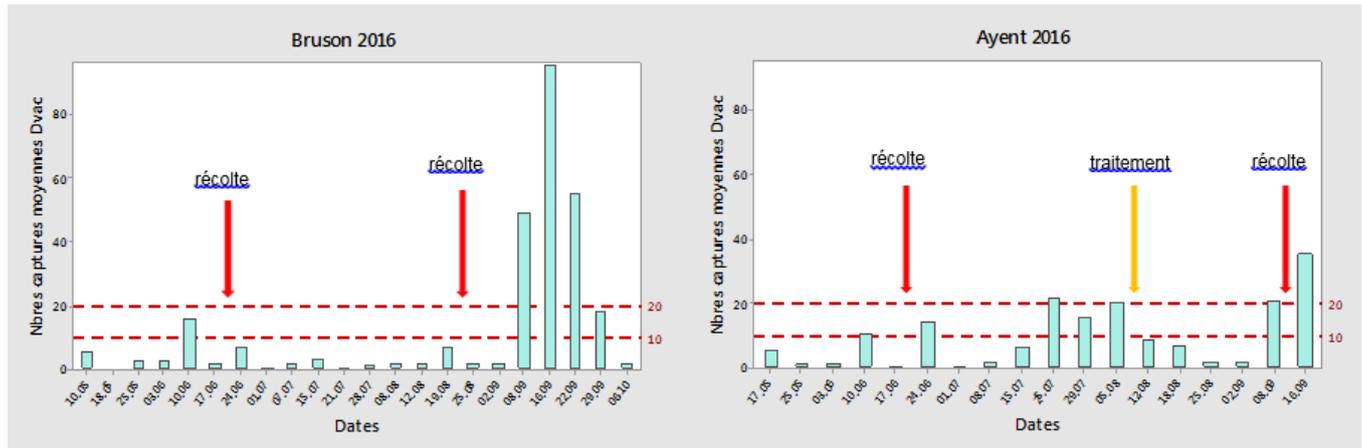


variations en taille et couleur des différents Longitarsus
Variationen von Grösse und Färbung verschiedener Longitarsus-Käfer

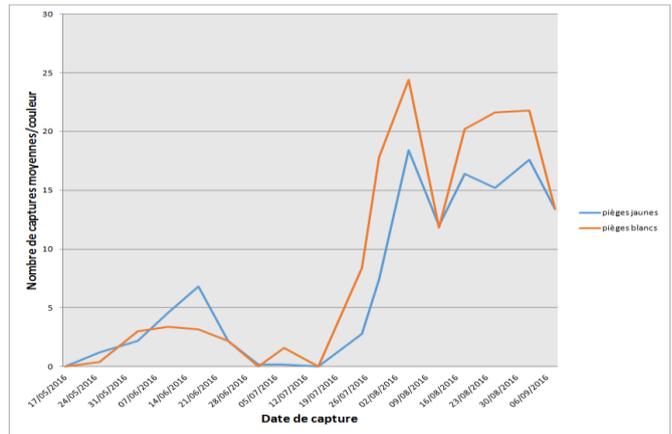
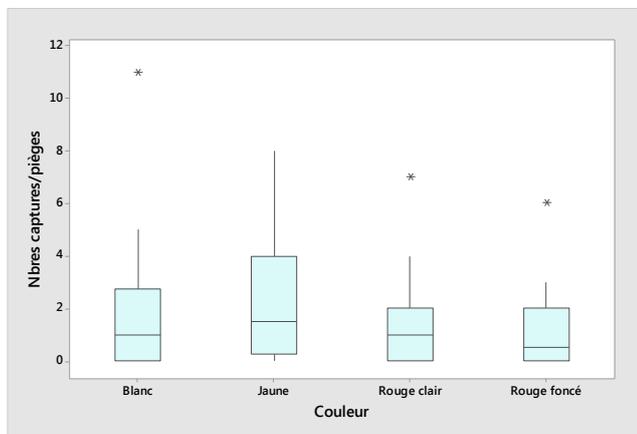
Die faunistischen Erhebungen mit Hilfe eines Insektensaugers (Dvac) wurden von Mai bis Oktober wöchentlich durchgeführt, wobei die Insekten 10 m in einer geraden Linie knapp über der Vegetation abgesaugt wurden. Die Klebstofffallen des Typs Rebell waren in einer Höhe von 20-30 cm über der Vegetation eingerichtet.



Résultats / Resultate



Nombre de captures hebdomadaires au Dvac de Longitarsus sp. à Bruson et Ayent en 2016.
Anzahl mit Dvac gefangene Insekten der Arten Longitarsus sp. in Bruson und Ayent im Jahr 2016.



Nombre de captures par pièges englués. Gauche: Nombre moyen de captures en fonction de la couleur du piège. Droite: Comparaison hebdomadaire entre les pièges jaunes et blancs.
Anzahl gefangene Insekten pro Klebstofffalle. Links: Durchschnittliche Anzahl gefangener Insekten nach der Fallenfarbe. Rechts: Vergleich der wöchentlichen Fänge zwischen weissen und gelben Fallen.

Commentaires

Le monitoring, à l'aide du Dvac et des pièges englués, a permis de confirmer la présence de *Longitarsus* dès le départ de la végétation jusqu'en automne. La différenciation morphologique des espèces demeure ardue et nécessite des connaissances entomologiques solides. Au cours de ce travail, elle n'a pas été établie avec certitude ni par l'adn, ni dans les essais d'élevage. En l'état des observations actuels et de la littérature, l'hypothèse est que *L. lycopi* soit l'espèce présente au printemps, tandis que *L. ferrigineus* serait responsable de l'augmentation des captures dès mi-juillet. Le piégeage hebdomadaire illustre la tendance à une augmentation des captures consécutivement aux récoltes, ce qui s'explique par une concentration des insectes sur la végétation résiduelle.

Kommentäre

Im Rahmen des Monitorings mit Dvac und Klebstofffallen konnte *Longitarsus* ab Beginn der Vegetation bis in den Herbst nachgewiesen werden. Die morphologische Unterscheidung der einzelnen Arten ist aber schwierig und erfordert vertieftes entomologisches Wissen. In dieser Arbeit konnte keine sichere Unterscheidung etabliert werden, weder durch DNA-Tests noch durch Zuchtversuche. Aufgrund der aktuellen Beobachtungen und der einschlägigen Literatur wird die Hypothese vertreten, dass im Frühling die Art *L. lycopi* auftritt, während *L. ferrigineus* für den Anstieg der Fangzahlen ab Mitte Juli verantwortlich ist. Die wöchentlichen Fangzahlen der Fallen zeigen, dass nach den Ernten die Zahl der gefangenen Insekten tendenziell zunimmt, was sich mit der grösseren Dichte der Insekten in der verbleibenden Vegetation erklären lässt.

Une nette augmentation des captures à la mi-juillet correspondant à l'émergence de *L. ferrigneus* a été observée à Ayent. Suite à un traitement au pyrèthre (Pyrethrum/FS, 0,05 %) début août, un fléchissement de la pression des *Longitarsus* a été constaté. Globalement, sur toute la période de piégeage, les pièges blancs et jaunes ont permis de capturer plus d'insectes que les pièges rouges.

Hauteur de piégeage

Afin d'évaluer la hauteur de piégeage la plus efficace, un test statistique contenant trois modalités a été effectué à Ayent. Des pièges Rebell jaune ont été fixés sur des piquets à trois hauteurs différentes :

- au raz de la végétation
- à 15 cm au-dessus de la végétation
- à 30 cm au-dessus de la végétation

Dispositif expérimental pour la hauteur de piégeage.

- Les pièges placés à 15 cm capturent un nombre moyen d'insectes compris entre 28% et 62% du nombre moyen d'insectes capturés par les pièges placés au raz de la végétation.
- Les pièges placés à 30 cm capturent un nombre moyen d'insectes compris entre 7% et 15% du nombre moyen d'insectes capturés par les pièges placés au raz de la végétation.
- Les pièges placés à 30 cm capturent un nombre moyen d'insectes compris entre 17% et 36% du nombre moyen d'insectes capturés par les pièges placés à 15 cm.

Plus un piège est proche de la végétation, plus il est efficace pour la capture de *Longitarsus* sp.

*Die Mitte Juli beobachtete Zunahme der Fänge fällt mit der Beobachtung des Schlüpfens von *L. ferrigneus* in Ayent zusammen. Nach einer Pyrethrum-Behandlung (Pyrethrum/FS, 0,05 %) Anfang August liess sich ein Nachlassen des Befalldrucks durch *Longitarsus* feststellen.*

Insgesamt konnten über die gesamte Fangperiode mit gelben und weissen Fallen mehr Insekten gefangen werden als mit roten Fallen.

Befestigungshöhe der Fallen

Um die wirksamste Höhe der Fallen zu bestimmen, wurde in Ayent ein statistischer Test durchgeführt. Dazu wurden gelbe Fallen des Typs Rebell an Pfählen auf drei verschiedenen Höhen befestigt:

- dicht über der Vegetation
- 15 cm über der Vegetation
- 30 cm über der Vegetation

Versuchsordnung zur Befestigungshöhe der Fallen

- *In den Fallen in 15 cm Höhe wurden zwischen 28% und 62% der Fangzahl erreicht, die sich im Durchschnitt in den Fallen dicht über der Vegetation ergab.*
- *In den Fallen in 30 cm Höhe wurden zwischen 7% und 15% der Fangzahl erreicht, die sich im Durchschnitt in den Fallen dicht über der Vegetation ergab.*
- *In den Fallen in 30 cm Höhe wurden zwischen 17% und 36% der Fangzahl erreicht, die sich im Durchschnitt in den Fallen in 15 cm Höhe über der Vegetation ergab.*

Je näher eine Falle über der Vegetation platziert wird, desto wirksamer fängt sie Käfer der Arten *Longitarsus* sp



Gauche: Boîte de pétri à fond poreux humide, dans lequel des fentes sont creusées pour la ponte des *Longitarsus* (le fond poreux sert de succédané de sol pour larves et les œufs). Les adultes sont nourris avec des feuilles de menthes et les larves avec des racines.

Droite: Œufs éclos de *Longitarsus* sp

Links: Petrischale mit porösem, feuchtem Grund, in den Ritzen für die Eiablage von *Longitarsus* eingegraben sind (der poröse Grund ersetzt für die Eier und Larven den Boden). Die Adulttiere wurden mit Pfefferminze-Blättern und die Larven mit Wurzeln gefüttert.

Rechts: schlüpfende Eier von *Longitarsus* sp

Elevage

Des tentatives d'élevages ont été effectuées pour en savoir plus sur la biologie des espèces présentes ainsi que sur le comportement des stades larvaires.

Trois larves ont été obtenues durant l'élevage. C'est la première fois que la larve est mise en évidence.

Celle-ci mesure moins d'un millimètre, elle est très sensible aux variations d'humidité.

D'après les observations effectuées pendant l'élevage, la larve n'est pas très virulente, les dégâts seraient donc majoritairement dus à l'adulte.

Conclusion

L'identification morphologique effectuée a permis de déterminer les espèces *L. lycopi* et *L. ferrugineus*, deux espèces connues comme étant des ravageurs de la menthe. Certains éléments documentés du cycle biologique de ces espèces sont cohérents avec les courbes de populations obtenues dans cette étude. Les connaissances portant sur les cycles biologiques de ces deux espèces permettent de déterminer les périodes de luttes optimales. Concernant *L. lycopi*, il serait intéressant de lutter contre les adultes hivernants directement lors de leur émergence au printemps. Ainsi, ces individus, encore peu nombreux, ne pourraient pas pondre et renouveler la population et les pics d'été et d'automne seraient atténués.

Concernant *L. ferrugineus* la lutte pourrait se faire sur le stade larvaire. Grâce aux données sur le cycle de *L. ferrugineus* qui a beaucoup été étudié aux Etats-Unis, il est possible de calculer précisément la période de présence de la larve dans le sol.

Des lacunes subsistent toujours sur le mode de lutte. Si cette étude devait se poursuivre, il faudrait tester différents traitements afin d'évaluer leur efficacité réelle. Par ailleurs, le choix de la méthode de lutte est restreint. La lutte contre le stade larvaire à l'aide de nématodes pourrait être efficace mais uniquement dans certaines conditions (sol suffisamment humide et chaud pour assurer le déplacement des nématodes). Ce traitement ne doit donc pas être appliqué trop tôt dans la saison ni en période sèche. Ce n'est d'ailleurs pas le traitement idéal pour cette région peu pluvieuse. Les produits à base de pyrèthre pourraient être efficaces contre les adultes, mais ce sont des produits à large spectre qui sont susceptibles d'endommager la faune auxiliaire. Cependant, le traitement contre *L. lycopi* au printemps pourrait également permettre de réduire les populations de cicadelles, elles aussi très problématiques sur menthe et qui présentent un pic de population similaire au printemps.

Cette étude permet en outre de confirmer l'importance de la hauteur de piégeage. Un bon monitoring de ces ravageurs reste une méthode efficace pour surveiller leur progression et permettre de situer précisément les pics de populations qui sont variables selon les années (en fonction de la météo) et donc les périodes optimales de traitement.

Aufzucht

Es wurden Aufzuchtversuche durchgeführt, um mehr über die Biologie der beobachteten Arten und insbesondere zum Verhalten der Larvenstadien zu erfahren.

Der Aufzuchtversuch ergab drei Larven. Damit wurde die Larve zum ersten Mal nachgewiesen.

Die Larve misst weniger als ein Millimeter und ist sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeitsschwankungen.

Gemäss den Beobachtungen während der Aufzucht ist die Larve nicht besonders virulent. Die Schäden dürften demnach hauptsächlich auf die Adulttiere zurückzuführen sein.

Schlussfolgerung

*Die morphologische Bestimmung ergab den Nachweis der beiden Arten *L. lycopi* und *L. ferrugineus*. Diese beiden Arten sind als Schädlinge von Pfefferminze-Kulturen bekannt. Einige dokumentierte Elemente des Lebenszyklus dieser beiden Arten decken sich mit den in dieser Studie beobachteten Populationskurven. Auf der Grundlage dieses Wissens über die Lebenszyklen der beiden Arten lässt sich der optimale Zeitpunkt für Bekämpfungsmassnahmen festlegen. Bei *L. lycopi* wäre es sinnvoll, die überwinterten Adulttiere direkt beim Schlüpfen im Frühling zu bekämpfen. Damit würden die noch wenigen Individuen an der Eiablage gehindert, wodurch die Erneuerung der Population vermieden und die Populationsspitzen im Sommer und Herbst abgeschwächt werden könnten.*

*Bei *L. ferrugineus* könnte die Bekämpfung im Larvenstadium erfolgen. Aufgrund der verfügbaren Daten zum Zyklus von *L. ferrugineus*, der in den USA eingehend untersucht wurde, ist es möglich, die Zeit genau zu bestimmen, während der sich die Larven im Boden befinden.*

Zur Art einer wirksamen Bekämpfung gibt es dagegen noch immer Unsicherheiten. Falls diese Studie weitergeführt wird, müssten verschiedene Behandlungen hinsichtlich ihrer tatsächlichen Wirksamkeit getestet werden. Die Auswahl möglicher Bekämpfungsmethoden ist allerdings beschränkt. Die Bekämpfung der Larvenstadien mit Hilfe von Nematoden ist zwar vielversprechend, aber nur unter bestimmten Bedingungen (für die Fortbewegung der Nematoden ausreichend feuchter und warmer Boden). Diese Behandlung wäre damit nicht geeignet für eine zu frühe Behandlung in der Vegetationsperiode und nicht für Trockenperioden. Für diese eher niederschlagsarme Region ist diese Behandlung damit nicht ideal.

*Produkte auf der Basis von Pyrethrum könnten gegen die Adulttiere zwar wirksam sein, weil es sich aber um Produkte mit einem breiten Wirkungsspektrum handelt, schaden sie aber auch den Nutzinsekten. Aus demselben Grund liessen sich allerdings mit einer Behandlung gegen *L. lycopi* im Frühling gleichzeitig die Zikaden eindämmen, die für die Pfefferminze ebenfalls problematische sein können und deren Populationen im Frühling eine ähnliche Spitze aufweisen.*

Les essais 2017 vont inclure des essais de lutte avec des produits de type adjuvants / répulsifs pour mesurer leur efficacité sur les adultes pour les répulsifs et sur les larves dans le sol pour les adjuvants

Enfin, l'étude de la meilleure méthode de piégeage a permis de confirmer l'efficacité des pièges Rebell jaunes et blancs sans pouvoir pour autant les départager.

Mit der Studie zum besten Einsatz von Fallen konnte die Wirksamkeit der gelben und weissen Fallen vom Typ Rebell bestätigt werden, die sich im Übrigen nicht unterscheiden liessen. Diese Studie belegte ausserdem die Bedeutung der Höhe, in der die Fallen angebracht sind. Ein sorgfältiges Monitoring des Schädlings bleibt eine wichtiges Mittel, um die Entwicklung der Populationen zu verfolgen und Spitzen, die aufgrund der Witterung von Jahr zu Jahr zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten, rechtzeitig zu erkennen, damit der optimale Zeitpunkt für eine Behandlung präzise festgelegt werden kann. Für die Versuche 2017 sind Tests zur Wirksamkeit von Produkten mit abstossender Wirkung bei der Bekämpfung von Adulttieren und zur Wirksamkeit von Produkten mit unterstützender Wirkung bei der Bekämpfung von Larven im Boden vorgesehen.



Piégeage d'insectes sur menthe poivrée au Dvac à Ayent
Fang von Insekten bei Pfefferminze mit dem Insektensauger Dvac in Ayent

Melolontha melolontha

Tiré du travail de bachelor de Maeva Miranda

Problématique

En Suisse, au val Poschiavo (GR) et en Entremont (VS) notamment, le hanneton commun (*Melolontha melolontha*) cause de grosses pertes dans les cultures biologiques de plantes médicinales et aromatiques (PMA). Actuellement, aucun traitement n'est homologué contre ce ravageur dans cette filière.

Afin de combler ce manque, huit produits ont été évalués lors de l'été 2016. Des extraits de plantes (glucosinolate, capsaïcine, lithotamme), des nématodes (*Heterorhabditis bacteriophora*) et un champignon entomo-pathogène (*Beauvaria bassiana*) ont été expérimentés.

Melolontha melolontha

Bachelor Arbeit - Maeva Miranda

Problematik

In der Schweiz verursacht der Maikäfer (*Melolontha melolontha*) insbesondere im Puschlav (GR) und im Bezirk Entremont (VS) grosse Schäden bei biologisch angebauten Kulturen von Medizinal- und Aromapflanzen. Gegenwärtig ist in dieser Branche keine Behandlung gegen diesen Schädling zugelassen.

Um diese Lücke auszufüllen, wurden im Sommer 2016 acht Produkte geprüft. Dabei wurden Pflanzenextrakte (Senfölglycosid, Capsaicin, Lithothamnium), Nematoden (*Heterorhabditis bacteriophora*) und ein insektenpathogener Pilz (*Beauvaria bassiana*) untersucht.

Pour déterminer leur efficacité (taux de mortalité), les produits ont été testés en laboratoire puis en conditions réelles en plein champ. Dans les conditions de ces essais, aucun des huit produits n'a été significativement plus performant que les autres. Seules des tendances d'efficacité ont pu être observées lors de l'essai en laboratoire pour trois des huit produits : l'Ecofort (1.5dl/ha), le Galanem (1mio/m²) et le BB-protoc (2kg/ha). Ces résultats, bien qu'encourageants, ne permettent donc pas à l'heure actuelle et aux doses évaluées de proposer une stratégie de lutte phytosanitaire contre les larves de hannetons.



Larve de hanneton commun
Maikäferlarve Larve

Um die Wirksamkeit dieser Produkte zu bestimmen (Sterblichkeitsrate), wurden sie zuerst im Labor und dann unter reellen Bedingungen im Feld angewendet. Bei den betreffenden Versuchsbedingungen war keines der acht Produkte signifikant besser als die anderen. Eine tendenzielle Wirksamkeit konnte in den Laborversuchen bei drei der acht Produkte nachgewiesen werden: Ecofort (1,5dl/ha), Galanem (1Mio/m²) und BB-protoc (2kg/ha). Aufgrund dieser zwar ermutigenden Ergebnisse lässt sich mit den untersuchten Dosen aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine Strategie zur Bekämpfung der Maikäferlarven mit Pflanzenschutzmitteln formulieren.



Disposition des poils au niveau du raster chez une larve
Borstenreihen beim letzten Segment einer Larve

Essai en laboratoire

L'essai en laboratoire s'est déroulé d'avril à juillet 2016 en Valais à Agroscope Conthey. En tout, 8 produits ont été évalués en laboratoire notamment des nématodes (*Heterorhabditis bacteriophora*), un champignon entomo-pathogène (*Beauveria bassiana*) et des extraits de plantes.

Laborversuch

Der Laborversuch fand von April bis Juli 2016 im Wallis bei Agroscope Conthey statt. Insgesamt wurden acht Produkte getestet, namentlich Nematoden (*Heterorhabditis bacteriophora*), ein insektenpathogener Pilz (*Beauveria bassiana*) und Pflanzenextrakte.

Description des produits et des doses testés en laboratoire

Produit	Société	Composition	Dose 1	Dose 2	Dose 3
Rapasan	Steffen AG	Extraits de plantes	4dl/ha	-	-
Ecofort 2015	Steffen AG	Glucosinolate - capsaiiscine	0,5dl/ha	1,5dl/ha	-
Rapasan forte	Steffen AG	Extraits de plantes	1dl/ha	-	-
Ecofort Granulé	Steffen AG	Glucosinolate - capsaiiscine	1,5dl/ha	-	-
Litostop	Fertinature	Lithothamme	0,5kg/ha	-	-
Galanem	Andermatt	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	1mio/m ²	-	-
Naturalis-L	Andermatt	<i>Beauveria bassiana</i>	5L/ha	-	-
BB-protoc	Andermatt	<i>Beauveria bassiana</i>	1kg/ha	2kg/ha	10kg/ha

Afin d'évaluer l'impact des différents produits en conditions d'application optimales, les produits ont été appliqués dans des boîtes contenant chacune une larve (de 2^{ème} stade larvaire). Le substrat utilisé a été un mélange (50%) de substrat (Brill 3) et de terre maintenue humide (50%) durant tout l'essai (l'hygrométrie étant un facteur de mortalité importante). Afin de répondre au besoin alimentaire des larves, 2 rondelles de carotte ont été ajoutées dans chacune des boîtes.

Um die Wirkungen der verschiedenen Produkte unter optimalen Anwendungsbedingungen zu testen, wurden die Produkte in Dosen mit jeweils einer Larve (im zweiten Larvenstadium) angewendet. Als Substrat wurde eine Mischung von Brill 3 und Erde (50%:50%) eingesetzt, das während der gesamten Dauer des Versuchs feucht gehalten wurde (da die Feuchtigkeit ein wichtiger Faktor für die Sterblichkeit ist). Zur Fütterung der Larven wurden zwei Karottenscheiben in jede Dose gegeben.



Boite d'essai contenant une larve de hanneton commun et des rondelles de carottes.
Versuchsdose mit einer Maikäferlarve und Karottenscheiben.

Pour chacun des procédés, 10 répétitions ont été réalisés.

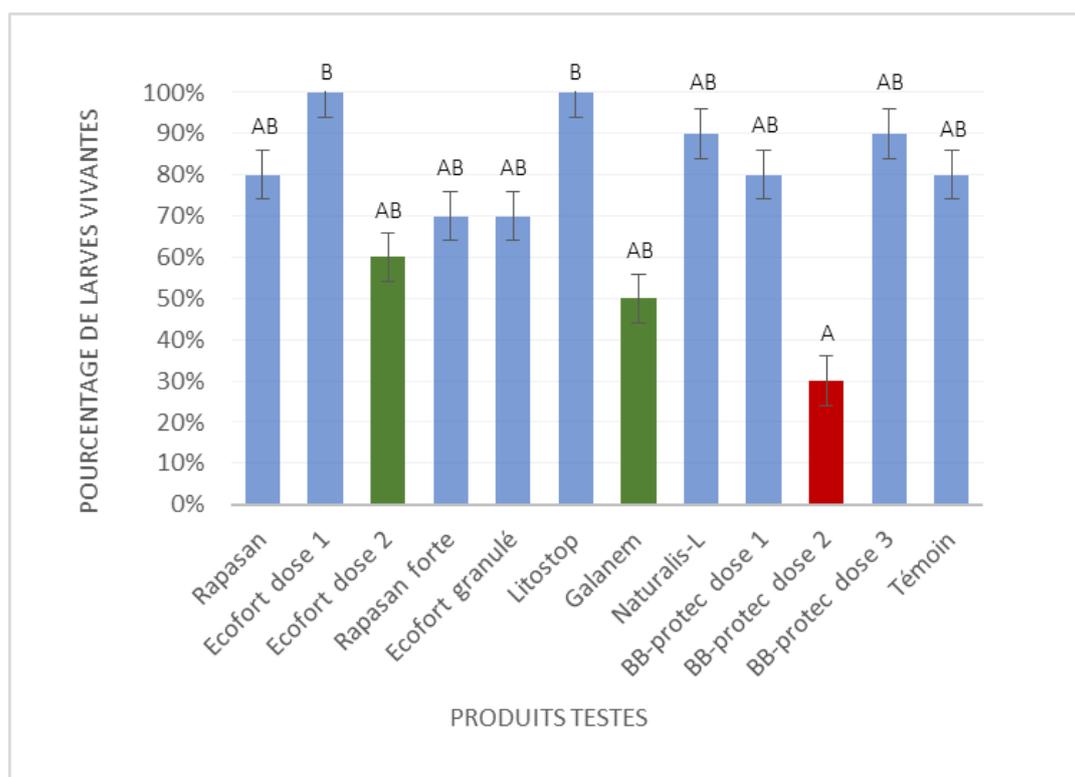
Les traitements ont été appliqués une seule fois à l'exception des produits composés de *Beauvaria bassiana* (Naturalis-L et BB-protec) et de la spécialité à base d'*Heterorhabditis bacteriophora* (Galanem) qui ont été réappliqués à même dose 7 jours après la première application comme conseillé par la société.

La fréquence des contrôles a été quotidienne pendant 1 semaine puis a été espacée à bihebdomadaire. Les paramètres analysés lors de cet essai étaient l'efficacité du produit (taux de mortalité des larves), la rapidité d'action et, à titre indicatif, la mobilité des larves et leur appétence vis-à-vis des carottes.

Für jedes Verfahren wurden 10 Wiederholungen durchgeführt.

Die Behandlungen wurde jeweils einmal durchgeführt, mit Ausnahme der Produkte mit Beauvaria bassiana (Naturalis-L und BB-protec) sowie des Präparats auf der Basis von Heterorhabditis bacteriophora (Galanem), die gemäss Herstellerempfehlung 7 Tage nach der ersten Anwendung in derselben Dosierung erneut angewendet wurden.

Die Kontrolle erfolgte täglich während einer Woche und anschliessend zweiwöchentlich. Bei diesem Versuch wurden folgende Parameter analysiert: Wirksamkeit des Produkts (Sterblichkeit der Larven), Geschwindigkeit der Wirkung und eine qualitative Einschätzung der Beweglichkeit der Larven und ihres Fressverhaltens in Bezug auf die Karotten.



Nombre de larves vivantes 34 jours après le premier traitement. Valeurs obtenues avec les 10 répétitions pour chacun des procédés évalués (traitement et doses). Les lettres correspondent aux résultats statistiques.

Anzahl überlebende Larven 34 Tage nach der ersten Behandlung. Werte bei 10 Wiederholungen jedes untersuchten Verfahrens (Behandlung und Dosierungen). Die Buchstaben beziehen sich auf die statistische Auswertung.

Essai en champs

L'essai en champs s'est déroulé de fin juin à début août 2016. La parcelle choisie pour l'essai est une parcelle de mélisse (*Melissa officinalis*) conduite en agriculture biologique et implantée en 2015. Située à la Garde-sur-Sembrancher, à 820-840m d'altitude, elle est entourée de deux prairies permanentes ainsi que d'une forêt. Le sol est léger et de type limoneux. Cette parcelle est connue pour être, depuis quelques années exposée à des attaques de larves de *M. melolontha*. La présence des larves a été vérifiée avec 5 retournements de terre aux pieds de la culture. Le résultat des sondages a été positif (une trentaine de larves au m²) et nettement supérieur aux seuils d'interventions (2 larves/m²).

Feldversuch

*Der Feldversuch fand von Ende Juni bis Ende August 2016 statt. Für den Versuch wurde eine Parzelle mit Zitronenmelisse (*Melissa officinalis*) gewählt, die biologisch bewirtschaftet wurde und im Jahr 2015 gepflanzt worden war. Die Parzelle liegt in Garde-sur-Sembrancher in 820-840m Höhe und ist von zwei Naturwiesen und einem Wald umgeben. Der Boden ist leicht und lehmiger Art. Bei dieser Parzelle treten bekanntermassen seit einigen Jahren immer wieder Larven von *M. melolontha* auf. Das Vorkommen der Larven wurde bei fünf Untersuchungen der Erde unter der Kultur nachgewiesen. Das Ergebnisse dieser Stichproben waren nicht nur positiv, sondern mit rund dreissig Larven pro m² auch deutlich über der Schadschwelle (2 Larven/m²).*

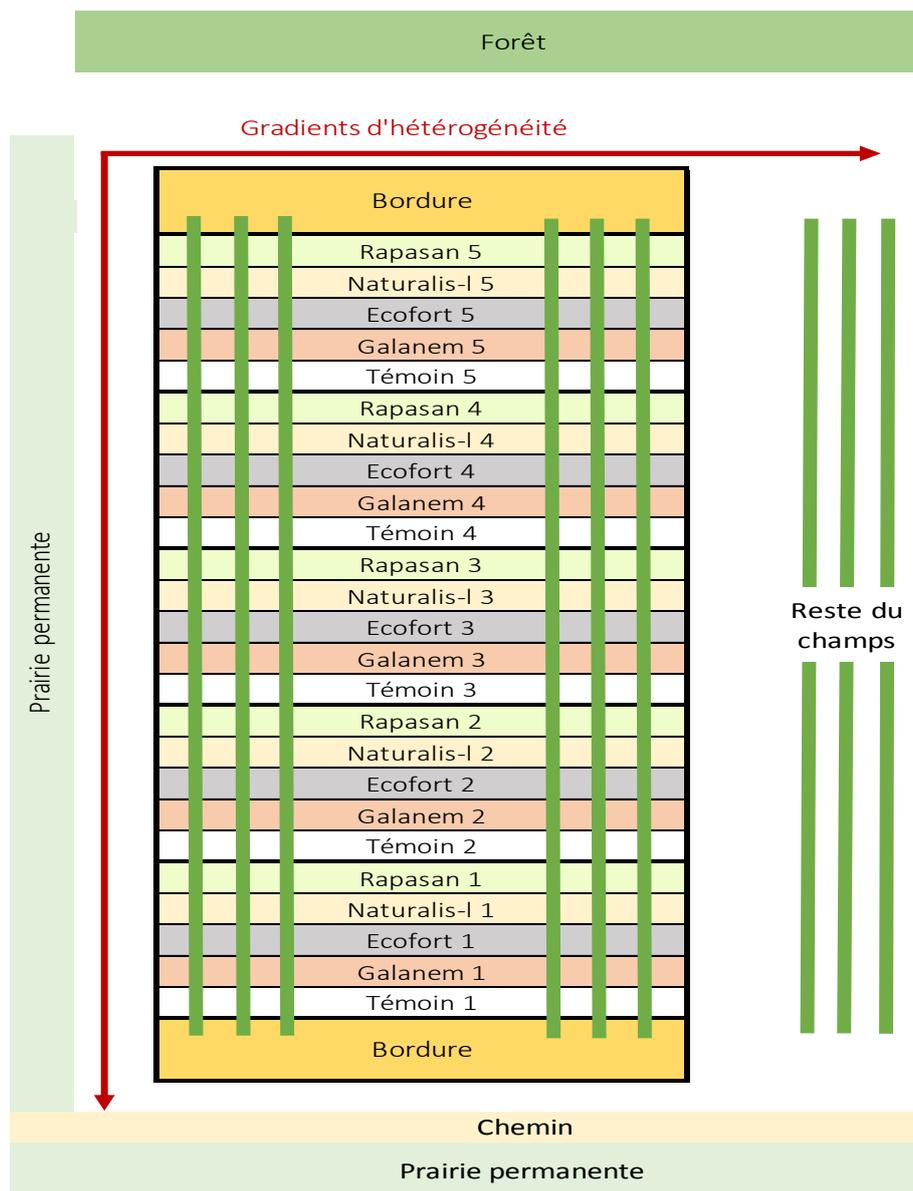


Schéma de l'essai sur mélisse

Produit	Société	Composition	Dose
Rapasan	Steffen AG	Extraits de plantes	4dl/ha
Ecofort 2015	Steffen AG	Glucosinolate - capsaiiscine	1,5dl/ha
Galanem	Andermatt	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	1mn/m ²
Naturalis-L	Andermatt	<i>Beauveria bassiana</i>	5L/ha

Description des produits et des doses testés en champs
 Beschreibung der getesteten Produkte und Dosierungen im Feldversuch

L'application des produits a été réalisée le 21 juin par temps frais, avec humidification préalable du sol afin de créer des conditions favorables aux nématodes et champignons. Comme pour l'essai en laboratoire les produits Galanem (*Heterorhabditis bacteriophora*) et Naturalis-L (*Beauveria bassiana*) ont été appliqués une deuxième fois (dans les mêmes conditions), 9 jours après la première application le 30 juin.

La récolte des micro-parcelles a eu lieu le 6 juillet, 16 jours après le premier traitement. Ni la croissance, ni le rendement en matière sèche et aucun autre paramètre analysé (rapport feuilles/tiges, teneur en huile essentielle) n'ont été influencé par les traitements appliqués.

Le nombre de larves trouvées par sondage (4 plants déterrés et contrôlés par micro-parcelle) avant traitement (21 juin) et 49 jours après la première application (9 août) met en évidence un des gradients d'hétérogénéité (du haut vers le bas de la parcelle). On observe en effet que les larves sont plus nombreuses vers le haut de la parcelle et nettement inférieure dans la zone du bas. Aucun effet de produit n'a été observé sur la mortalité des larves. La présence de larves était dans certains cas supérieurs après le traitement qu'avant. La mobilité des larves de hannetons expliquent peut-être en partie ce résultat. Une autre hypothèse pourrait être que le nombre de plantes contrôlées était insuffisant et non représentatif.

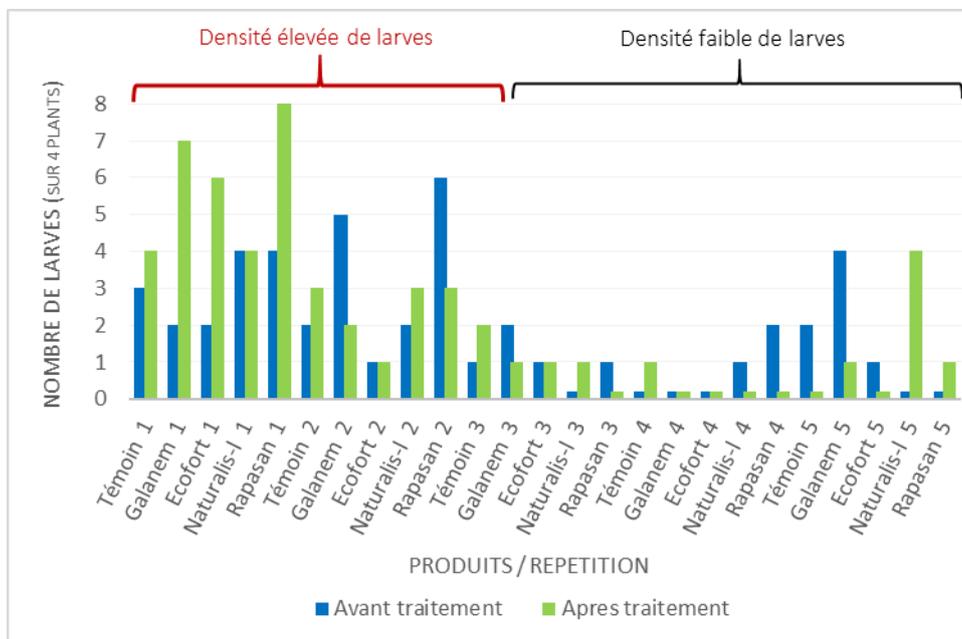
Dans les conditions de ces essais, aucun traitement n'a montré d'efficacité contre les larves de hannetons.

Das Produkt wurde am 21. Juni bei kühlem Wetter angewendet, nach vorgängiger Befeuchtung des Bodens, um günstige Bedingungen für die Nematoden und Pilze zu schaffen. Wie beim Laborversuch wurden die Produkte Galanem (*Heterorhabditis bacteriophora*) und Naturalis-L (*Beauveria bassiana*) 9 Tage nach der ersten Anwendung am 30. Juni ein zweites Mal (bei denselben Bedingungen) eingesetzt.

Die Ernte der Mikroparzellen fand am 6 Juli statt, 16 Tage nach der ersten Anwendung. Weder das Wachstum, der Ertrag an Trockensubstanz oder irgendein anderer analysierter Parameter (Verhältnis Blätter/Stängel, Gehalt an ätherischem Öl) wurden durch die Behandlungen beeinflusst.

Die Zahl der bei den Proben gefundenen Larven (4 ausgegrabene und kontrollierte Pflanzen pro Mikroparzelle) vor der Behandlung (21. Juni) und 49 Tage nach der ersten Anwendung (9. August) zeigt eine Heterogenität des Befalls innerhalb der Parzelle entlang eines Gradienten von oben nach unten: Es lässt sich beobachten, dass die Larven im oberen Bereich der Parzelle deutlich zahlreicher als im unteren Bereich der Parzelle sind. Es wurde bei keinem Produkt ein Einfluss auf die Sterblichkeit der Larven festgestellt. In einigen Fällen war der Befall mit Larven nach der Behandlung höher. Dieses Ergebnis lässt sich teilweise mit der Mobilität der Maikäferlarven erklären. Eine andere Hypothese ist, dass die Zahl der kontrollierten Pflanzen nicht genügend hoch und nicht repräsentativ war.

Bei den Bedingungen dieses Versuchs zeigte keine Behandlung eine Wirksamkeit gegen Maikäferlarven.



Essai en champ : nombre de larves obtenues par sondage (4 plants déterrés) avant traitement (21/06/16) et 49 jours après la première application (09/08/16) en fonction des micro-parcelles.

Feldversuch: Anzahl Larven pro Probe (4 ausgegrabene Pflanzen) vor der Behandlung (21/06/16) und 49 Tage nach der ersten Anwendung (09/08/16), nach Mikro-Parzelle.

Conclusions

- Dans les conditions de cet essai au champ, aucun produit n'a démontré d'efficacité contre les larves de hanneton commun.
- Des tendances d'efficacité en laboratoire sont observables pour trois produits : Le BB-protec (*Beauvaria bassiana*) à la dose de 2kg/ha, le Galanem (*Heterorhabditis bacteriophora*) à 1 million de nématodes/m² et l'Ecofort à la dose de 1.5dl/ha.
- Dans les PMA, seules des mesures prophylactiques: rotation des cultures, choix de la parcelle et mécaniques (labour profond, double ou hersage) sont recommandées.

Schlussfolgerungen

- *Bei den Bedingungen dieses Feldversuchs konnte für kein Produkt eine Wirksamkeit gegen Maikäferlarven nachgewiesen werden.*
- *Im Labor wurde für drei Produkte eine tendenzielle Wirksamkeit festgestellt: BB-protec (*Beauvaria bassiana*) bei einer Dosis von 2kg/ha, Galanem (*Heterorhabditis bacteriophora*) bei 1 Million Nematoden/m² und Ecofort bei der Dosis 1,5dl/ha.*
- *Bei Medizinal- und Aromapflanzen können nur präventive Massnahmen empfohlen werden: Fruchtfolge, Wahl der Parzelle und mechanische Bodenbearbeitung (tiefes oder doppeltes Pflügen, Eggen).*

Annexes

Publications / Publikationen

- 01- C.A. Carron, J.F. Vouillamoz & C.A. Baroffio. Swiss Herbal Note 1. Technique de culture. Essais Bio3G. Agroscope Transfer | N° 112 / 2016.
- 02- C.A. Carron, C.A. Baroffio, C. Braud & M. Miranda Swiss Herbal Note 2. Rückblick auf 2016 in der Schweiz gemeldete Schädlinge bei Heil- und Gewürzpflanzen. Agroscope Transfer | N° 159 / 2017.
- 03- Carron C.-A., Plaschy M., Vouillamoz J.F. & Baroffio C.A. 2017. Influence d'une couverture hivernale sur le rendement et la qualité de la menthe. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 49 (2), 122-130.
- 04- György Z., Vouillamoz J.F. & Höhn M. 2016. Microsatellite markers reveal common East Alpine–Carpathian gene pool for the arctic–alpine *Rhodiola rosea* (Crassulaceae). Plant Systematics and Evolution 302(6):721-730.
- 05- Vouillamoz J.F., Wolfram-Schilling E., Carron C.-A. & Baroffio C.A. (2016). Evaluation agronomique et phytochimique de *Stevia rebaudiana* pour la culture en Suisse. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 48(6): 348-355.

Posters / Poster

- 06- C.A. Baroffio, M. Miranda & C.A. Carron. Etude de lutte contre le hanneton commun en cultures de PMA.
- 07- C. Braud, C.A. Carron, M. Miranda & C.A. Baroffio. Studie über *Longitarsus* sp. in MAP-Kulturen. Etude des *Longitarsus* sp. en cultures de PMA /
- 08- C.A. Carron, J.F. Vouillamoz & C.A. Baroffio. *Mentha x piperita* '541': DNA certification of peppermint in Switzerland by RAPD.
- 09- C.-A. Carron, J. Vouillamoz, C.A. Baroffio. Sexualité végétale: le safran (*Crocus sativus*).
- 10- C.A. Carron, J.F. Vouillamoz & C.A. Baroffio. La production suisse de safran.
- 11- J.H. McCardell, J. Héritier, X. Simonnet & C. Carlen. *Peucedanum ostruthium* (L.) Koch: Morphological and phytochemical variability of twelve accessions from the Swiss alpine region.

Swiss herbal Note 1

Technique de culture Essais Bio3G

Auteurs: Claude-Alain Carron, José Vouillamoz, Catherine Baroffio

Février 2016

Table des matières

Objectif	1
Matériel et méthode	1
Résultats et discussion	3
Conclusions	5

Objectif

Des essais 'On Farm', conduits en collaboration avec les techniciens de la firme Bio3G, ont été réalisés en 2014 et 2015. L'objectif était d'évaluer l'influence de deux amendements biologiques sur le rendement quantitatif et qualitatif de deux espèces de lamiacées : *Mentha x piperita* '541' et *Salvia officinalis* 'Extrakta' (en 2014 et 2015), et sur une apiacée : *Pimpinella peregrina* 'Licora' (en 2014 seulement). Les modalités ont été définies par les techniciens de Bio3G.

Matériel et méthode

CALCITONIC B

Afin de pallier à l'hétérogénéité des parcelles, les essais ont été randomisés. Quatre modalités différentes ont été répétées quatre fois :

Modalité Témoin : aucun apport

Modalité CALCITONIC : apport de CALCITONIC B

Modalité ISOTONIC : apport d'ISOTONIC B

Modalité CALCI B + ISO : apport de CALCITONIC B + apport d'ISOTONIC B

Le CALCITONIC a été épandu manuellement en avril, avant la plantation ou le semis en 2014, et avant le départ de la végétation en 2015, à raison de 300 kg/ha.



L'ISOTONIC B a été épandu à l'aide d'une boille à dos à 2l/ha avec 400 l'eau/ha à chaque application. Le premier apport a été réalisé au stade 5 cm, puis répété 3 fois annuellement durant la saison (*tabl. 1*). Les parcelles élémentaires de 64 m² étaient constituées de 4 plates-bandes de 6.40 m x 10 m.

La fertilisation de base, conforme aux normes de fumure, a été apportée uniformément sur toutes les cultures, sous forme de fumier ovine à Bruson et de fumier bovin à Orsières.

Principaux composants des amendements

CALCITONIC B : granulé compacté

36% d'oxyde de calcium

8% d'oxyde de magnésium

16% de soufre

ISOTONIC B : Solution d'engrais organique NPK

3% d'azote total (40g/l)

3% anhydride phosphorique (P₂O₅)

3% d'oxyde de potassium (K₂O)

0,02% B, 0,01% Fe, 0,0007% Zn

71% de matière organique (MO)



Tableau 1. Modalités et dates d'applications du CALCITONIC et de l'ISOTONIC

Genre, espèces	Année	Parcelle	Modalités	Doses		Eau ha	Dates d'application	
				ha	Bloc (64 m ²)		2014	2015
<i>Mentha x piperita</i> plantation 2014	2014 et 2015	Bruson alt. 1050m J.-C. Delarzes	Témoin	-	-	-	-	-
			CALCITONIC B	300 kg	1,92 kg	-	28 avr.	12 mai
			ISOTONIC B	4 x 2l	4 x 12,8 ml	4 x 400 l	20 juin; 10 juil.; 5 aout; 5 sept.	2 juin; 6 juil.; 26 août; 25 sept.
			CALCI + ISO	300 kg + 4 x 2l	1,92 kg + 4 x 12,8 ml	4 x 400 l	20 juin; 10 juil.; 5 aout; 5 sept.	2 juin; 6 juil.; 26 août; 25 sept.
<i>Salvia officinalis</i> plantation 2014	2014 et 2015	Bruson alt. 1050m J.-C. Delarzes	Témoin	-	-	-	-	-
			CALCITONIC B	300 kg	1,92 kg	-	28 avr.	12 mai
			ISOTONIC B	4 x 2l	4 x 12,8 ml	4 x 400 l	20 juin; 10 juil.; 5 aout; 5 sept.	2 juin; 6 juil.; 26 août; 25 sept.
			CALCI + ISO	300 kg + 4 x 2l	1,92 kg + 4 x 12,8 ml	4 x 400 l	20 juin; 10 juil.; 5 aout; 5 sept.	2 juin; 6 juil.; 26 août; 25 sept.
<i>Pimpinella peregrina</i> plantation 2014	2014	Orsières alt. 990m E.Tornay	Témoin	-	-	-	-	-
			CALCITONIC B	300 kg	1,92 kg	-	28 avr.	
			ISOTONIC B	4 x 2l	4 x 12,8 ml	4 x 400 l	20 juin; 10 juil.; 11 aout; 5 sept.	
			CALCI + ISO	300 kg + 4 x 2l	1,92 kg + 4 x 12,8 ml	4 x 400 l	20 juin; 10 juil.; 11 aout; 5 sept.	

Récoltes et analyses

Les récoltes ont été réalisées au Supercut sur une surface de 3.2 m². En 2014, elles représentaient pour les trois espèces la totalité de la production, soit l'unique récolte annuelle de première année. En 2015, seules la première récolte de la menthe et la troisième récolte de la sauge ont été analysées (tabl.2). Les récoltes de sauge et de menthe ont été séchées 72 heures à 35 °C. Elles ont ensuite été effeuillées afin

d'établir le pourcentage de feuilles et la quantification de l'huile essentielle. Les racines de pimprenelle boucage ont été dénombrées, pesées et mesurées. Le séchage a duré 96 heures.

En 2015, une analyse minérale des stolons et racines de menthe a été effectuée par le laboratoire LDM à St-Hilaire-de-Brethmas (F).

Tableau 2. Dates de récoltes

Espèces	Année	Dates de récoltes	Remarques
<i>Mentha x piperita</i>	2014	27. août 2014	1 ^e récolte
	2015	2. juin 2015	1 ^e récolte
<i>Salvia officinalis</i>	2014	17. septembre 2014	1 ^e récolte
	2015	29. septembre 2015	3 ^e récolte
<i>Pimpinella peregrina</i>	2014	16. octobre 2014	1 ^e récolte

Figure 1. 1^e application de l'ISOTONIC B sur la menthe poivrée à Bruson en juin 2014.

Résultats et discussion

Menthe poivrée

En 2014, ni le rendement en matière sèche, ni la qualité de la récolte exprimée par le teneur en huile essentielle n'ont été influencés par les amendements. En 2015, lors de la première récolte évaluée, les parcelles qui avaient reçu du CALCITONIC et/ou de l'ISOTONIC ont produit tendanciellement davantage de biomasse (1,2-3,2 kg/a) (*tabl.3*). Cependant, peut-être en

raison de la grande hétérogénéité de la culture due principalement à une pression élevée des adventives vivaces, les différences de rendements mesurées ne sont pas significatives.

Tableau 3. Rendement en matière sèche, en feuilles et en huile essentielle de la menthe poivrée à Bruson en 2014 et en 2015 lors de la première récolte. Moyenne de 4 répétitions.

Année	Procédés	Rendement			Huile essentielle	
		Matière sèche [g/m ²]	Feuilles		%	[ml/m ²]
			[g/m ²]	%		
2014	Témoin	160	117	73,3	3,22	3,8
	CALCITONIC	171	121	71,2	3,16	3,9
	ISOTONIC	159	118	74,2	3,24	3,8
	CALCI+ISO	164	121	73,4	3,19	3,9
2015	Témoin	151	112	74,3	2,81	3,2
	CALCITONIC	183	142	77,3	2,85	4,0
	ISOTONIC	163	115	70,7	2,67	3,1
	CALCI+ISO	174	131	75,3	3,09	4,0

Les différences ne sont pas significatives (Tukey Test)

Sauge officinale

Les résultats sont assez similaires à ceux obtenus pour la menthe poivrée. En 2014, ni le rendement en matière sèche, ni la qualité de la récolte exprimée par le teneur en huile essentielle n'ont été influencés de manière significative par les amendements. La seconde année d'expérimentation, lors de la récolte de septembre 2015, les parcelles 'Témoin' se distinguaient par un rendement en biomasse particulièrement faible. Une tendance positive (2,4-3,2 kg/a) a été observée dans les variantes ayant reçu des amendements (*tabl.4*).

A noter les faibles teneurs en huile essentielle mesurées. Elles ont été presque toujours inférieures aux exigences de la Ph. Eur. (min. 1.5 %, v/p). Les causes de cette qualité médiocre ne semblent pas liées aux amendements. Elles sont probablement dues à une conjonction de divers facteurs :

- dynamique saisonnière : la teneur en huile essentielle est plus faible en automne qu'en été,
- phénologique en 2015 : la durée de la végétation entre la 2^e et 3^e récolte annuelle n'a pas été suffisamment longue pour une bonne synthétisation de l'huile essentielle.
- génétique : la variété 'Extrakta'.

Tableau 4. Rendement en matière sèche, en feuilles et en huile essentielle de la sauge officinale à Bruson en 2014 et en 2015 lors de la troisième récolte annuelle. Moyenne de 4 répétitions.

Année	Procédés	Rendement			Huile essentielle	
		Matière sèche [g/m ²]	Feuilles		%	[ml/m ²]
			[g/m ²]	%		
2014	Témoin	256	194	75,9	1,51	2,9
	CALCITONIC	240	186	76,1	1,52	2,8
	ISOTONIC	222	173	77,7	1,49	2,6
	CALCI+ISO	226	173	76,9	1,43	2,5
2015	Témoin	70	56	81,6	1,28	0,8
	CALCITONIC	102	83	81,5	1,37	1,2
	ISOTONIC	100	77	76,6	1,33	1,1
	CALCI+ISO	94	73	78,7	1,26	1,0

Les différences ne sont pas significatives (Tukey Test)



Figure 2. Vue de la parcelle d'essai sauge, en juillet 2014.

Pimprenelle boucage

Cette parcelle a subi un premier désherbage du semis trop tardif qui a modifié le nombre et la distribution des racines par parcelle élémentaire. Dans ces conditions, les amendements n'ont apporté aucun gain. A la récolte, le nombre, la

morphologie et le rendement en racines ont été statistiquement comparables (tabl.5).

Logiquement, une corrélation négative ($r^2 = -0,74$) entre le nombre et le diamètre moyen des racines a été observée.

Tableau 5. Nombre, diamètre, poids secs et rendements en racines de la pimprenelle boucage à Orsières en 2014. Moyenne de 4 répétitions.

Année	Procédés	Racines			
		Nombre [m ²]	∅ cm	Poids [g]	Poids secs [g/m ²]
2014	Témoin	108	8,5	2,7	286
	CALCITONIC	98	8,8	2,9	277
	ISOTONIC	112	9,6	2,1	236
	CALCI+ISO	87	9,6	2,9	248

Les différences ne sont pas significatives (Tukey Test)

Analyse minérale des stolons et racines de menthe

En automne 2015, les organes souterrains de la menthe poivrée ont été analysés par le laboratoire LDM de St-Hilaire-de-Brethmas, près d'Alès (F). La matière sèche, l'amidon et les sucres totaux, les éléments majeurs (N, P, K, Ca, Mg) et les cinq principaux oligo-éléments ont été quantifiés.

Les N, P et Mg ont été retrouvés en quantité 'normale' dans tous les procédés. Ils sont qualifiés d'élévés' pour le Ca. Les teneurs en K étaient aussi 'élevées', à l'exception de celle du procédé 'CALCI+ISO' qui est 'normale'. Une différence significative est observée pour la teneur en Mg dans la variante 'CALCI+ISO' (tabl.6). Les teneurs en oligo-éléments sont en général meilleures avec amendement par rapport au témoin. Les teneurs en Cu, Mn et B sont 'élevées', le Zn en quantité 'normale', tandis que le Fe est 'faible' (tabl. 6).

Liés aux teneurs en Ca et en K excédentaires, des déséquilibres minéraux ont été mesurés dans les racines : le rapport Ca/Mg est qualifié d'excessif, ceux de Ca/P et de K/Mg sont 'élevés', tandis que les équilibres N/Ca et K/Ca sont reportés comme 'faibles'. Pour les rapports N/Ca et $K \cdot 100 / (K + Ca + Mg)$, les différences entre le procédé 'CALCI+ISO' et le 'Témoin' ont été significatives. Dans ces cas, les amendements ont légèrement accentué le déséquilibre, probablement en raison de l'apport de Ca du CALCITONIC (tabl.7). La représentation spatiale graphique obtenue par ACP (analyse en composantes principales) permet d'illustrer la distance entre le procédé 'Témoin' et le procédé 'CALCI+ISO' (fig.3).

Tableau 6. Teneurs en éléments minéraux majeurs, en oligo-éléments, en amidon et en sucres totaux des organes souterrains de menthe poivrée à Brusson en 2015. Moyenne de 4 répétitions.

Procédés	Matière sèche (%)	N g/100g MS	P g/100g MS	K g/100g MS	Ca g/100g MS	Mg g/100g MS	Fe mg/kg MS	Zn mg/kg MS	Cu mg/kg MS	Mn mg/kg MS	B mg/kg MS	Amidon (g/100g MS.)	Sucres totaux (g/100g MS)
<i>Optimum</i>		2,0-4,0	0,68-0,81	0,84-1,05	0,40-0,51	0,57-0,84	500-750	50-200	20-40	80-200	30-50		
TEMOIN		2,6	0,76	1,24	0,77	0,59 ^b	395	89	103	289	51	11,1	12,9
interprétation	--	normal	normal	élevé	élevé	normal	faible	normal	élevé	élevé	élevé	--	--
CALCITONIC	32,2	2,5	0,79	1,10	0,90	0,59 ^b	429	91	110	297	50	9,7	12,4
interprétation	--	normal	normal	élevé	élevé	normal	faible	normal	élevé	élevé	élevé	--	--
ISOTONIC	36,3	2,4	0,74	1,12	0,87	0,58 ^b	411	89	103	291	53	9,9	12,6
interprétation	--	normal	normal	élevé	élevé	normal	faible	normal	élevé	élevé	élevé	--	--
CALCI + ISO	36,3	2,3	0,80	0,97	0,99	0,64 ^a	446	100	105	329	55	10,0	12,5
interprétation	--	normal	normal	normal	élevé	normal	faible	normal	élevé	élevé	élevé	--	--

Test de Tukey: les petites lettres indiquent des différences significatives.

Tableau 7. Equilibres minéraux des racines de menthe poivrée à Bruson en 2015. Moyenne de 4 répétitions.

Procédés	N/P	N/K	N/Ca	Ca/P	K/P	K/Mg	K/Ca	Ca/Mg	N+P	K+Ca+Mg	(N+P)/(K+Ca+Mg)	K*100/(K+Ca+Mg)	Ca*100/(K+Ca+Mg)	Mg*100/(K+Ca+Mg)	Ca/B
<i>Optimum</i>	2,5-5,9	1,9-4,8	3,9-10,0	0,5-0,8	1,0-1,5	1,0-1,8	1,6-2,6	0,5-0,9	2,7-4,8	1,8-2,4	1,1-2,7	35-58	17-28	24-46	0,1-0,2
TEMOIN	3,40	2,10	3,36 ^a	1,01	1,63	2,12	1,62	1,31	3,34	2,59	1,29	47,6 ^a	29,7	22,7	0,15
interprétation	normal	normal	faible	élevé	élevé	élevé	normal	excessif	normal	élevé	normal	normal	élevé	faible	normal
CALCITONIC	3,16	2,30	2,78 ^{ab}	1,16	1,41	1,85	1,24	1,53	3,25	2,59	1,27	42,0 ^{ab}	35,0	23,0	0,18
interprétation	normal	normal	faible	élevé	normal	élevé	faible	excessif	normal	élevé	normal	normal	élevé	faible	normal
ISOTONIC	3,21	2,12	2,75 ^{ab}	1,17	1,52	1,93	1,30	1,49	3,11	2,57	1,22	43,6 ^{ab}	33,7	22,7	0,16
interprétation	normal	normal	faible	élevé	élevé	élevé	faible	excessif	normal	élevé	normal	normal	élevé	faible	normal
CALCI + ISO	2,91	2,47	2,46 ^b	1,24	1,22	1,54	1,05	1,56	3,11	2,60	1,22	37,4 ^b	37,5	25,1	0,18
interprétation	normal	normal	faible	élevé	normal	normal	faible	excessif	normal	élevé	normal	normal	élevé	normal	normal

Test de Tukey: les petites lettres indiquent les différences significatives.

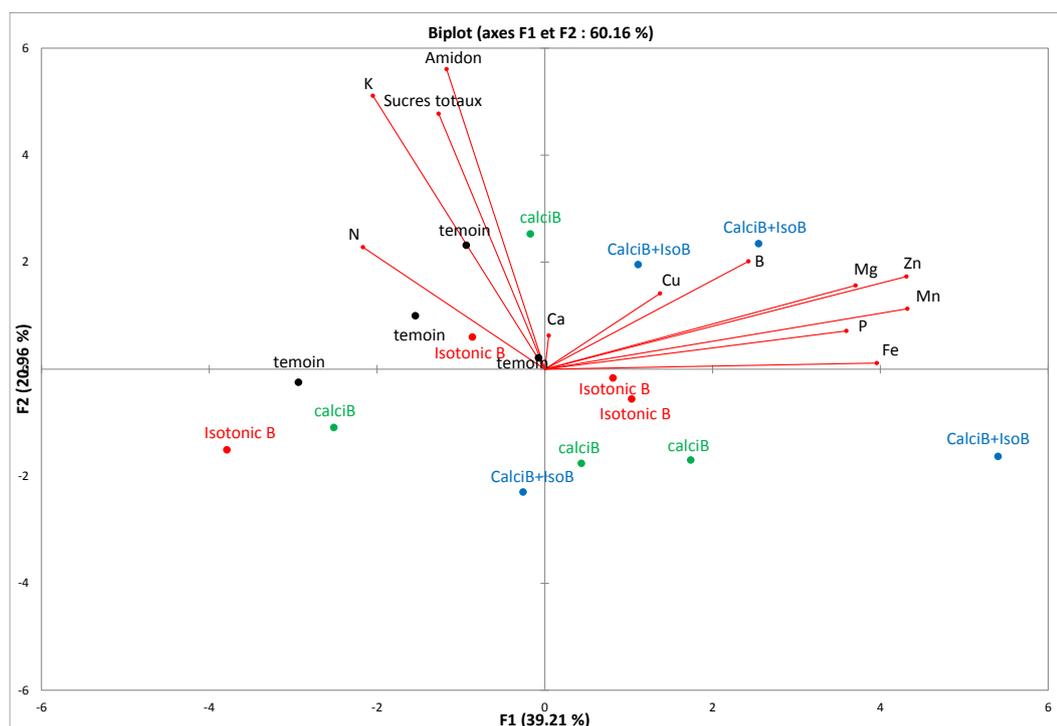


Figure 3. ACP. Analyses en composantes principales des racines et stolons de menthe poivrée à Bruson en automne 2015.

Conclusions

- Dans les conditions de ces essais, soit un sol riche en nutriments, les programmes d'amendements Bio3G appliqués sur les cultures de menthe poivrée, de sauge et de pimprenelle boucage n'ont pas augmenté de manière significative le rendement en biomasse.
- En seconde année d'expérimentation, une tendance favorable sur la production a été relevée dans les cultures de menthe poivrée et de sauge.
- L'analyse de minéraux dans les parties souterraines de la menthe atteste de la bonne disponibilité et de l'assimilation des éléments minéraux, à l'exception du Fe. Le procédé 'CALCI+ISO' est celui qui s'éloigne le plus du 'témoin', de manière significative sur la teneur en Mg, ainsi que pour les équilibres N/Ca et $K^*100/(K+Ca+Mg)$.

Impressum

Éditeur: Agroscope
Centre de recherche Conthey
Route des Eterpys 18
1964 Conthey
www.agroscope.ch

Copyright: © Agroscope 2016

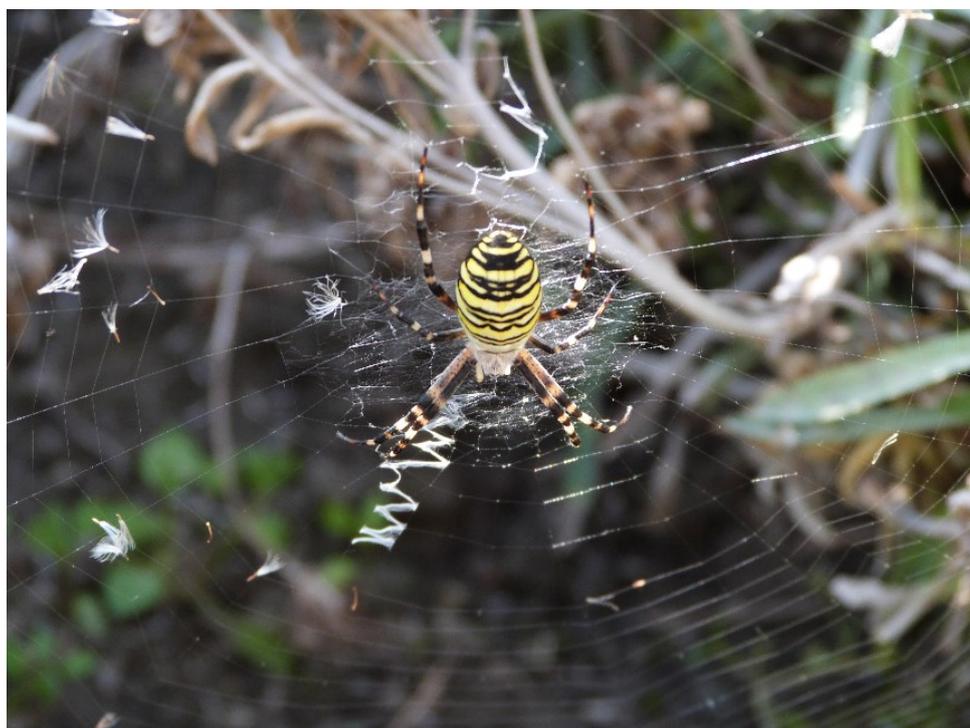
Swiss Herbal Note 2

Rétrospective des ravageurs signalés dans les PMA (plantes médicinales et aromatiques) en Suisse en 2016

Janvier 2017

Table des matières

Objectif	1
Hanneton horticole	2
Tipule	3
<i>Hycleus polymorphus</i>	4
Chenille défoliatrice	5
Punaise	5
Altise	6
<i>Longitarsus lycopi</i> , <i>L. ferrugineus</i>	6
<i>Melolontha melolontha</i>	7
Cicadelles	7



L'argiope frelon ou épeire fasciée (*Argiope bruennichi*) est une araignée fréquemment observée dans les cultures de plantes médicinales et aromatique.

Objectif

Documenter les ravageurs ayant causé des dégâts dans les PMA en Suisse en 2016 et étudier les stratégies de lutttes biologiques.

Hanneton horticole (*Phyllopertha horticola*)

Culture: *Leontopodium alpinum*

Site: Reppaz/Orsières (VS)

Observations: En septembre présence de nombreuses larves (50-60 par m²) dans les racines.

Dégâts: La présence des larves dans les racines expliquent probablement la faible vigueur des plantes, ainsi que le rendement en biomasse inférieure aux prévisions.

Biologie: L'adulte, facilement identifiable, possède des élytres brun rouille brillants et la tête et le thorax couleur vert métallique. D'une longueur de 8-11 mm, il est beaucoup plus petit que le hanneton commun. En revanche, la larve de 10-20 mm est très semblable en taille à celle du hanneton commun de 1^e année. Déposée sur la paume de la main, elle se déplace sur le ventre.

Le hanneton horticole a un cycle annuel et peut être observé chaque année. Il vole le jour dès mi-mai jusqu'en juillet. La ponte a lieu en juin-juillet. Les larves passent par trois stades de développement. Les dégâts sur racines sont provoqués majoritairement par les larves du troisième stade, d'août à octobre. Ensuite, les larves migrent en profondeur pour hiverner. En avril, elles remontent dans la couche superficielle du sol et se pupifient. L'émergence des adultes a lieu en mai. L'accouplement et la ponte suivent peu après. Sur gazon, le seuil d'intervention est de 50-100 larves/m².



Larves de hanneton horticole sur racines d'edelweiss (*Leontopodium alpinum*).

Possibilités de lutte:

Remarque : actuellement les champignons et nématodes sont homologués sur gazon, prairies, pépinières et petits fruits. Il n'y a pas de produits homologués sur les plantes aromatiques.

A. Champignons (*Metarhizium anisopliae*): Enfouir les champignons entomopathogènes, conditionnés sur un support de grains d'orge, au printemps ou l'automne (30-50 kg/ha).

Formes commerciales (liste des intrants FIBL 2016): Metapro (Biocontrol); GranMet GR (Fenaco); Metarhizium-Schweizer

http://shop.biocontrol.ch/fr_bc/lutte-contre-les-ravageurs/insecticides-acaricides/metapro

B. Nématodes (*Heterohabditis bacteriophora*): Appliquer en arrosage après la ponte (fin juillet-octobre) lorsque la température du sol est > à 12°C. 1 mio nématodes/m².

Formes commerciales (liste des intrants FIBL 2016): Galanem (Biocontrol); NemaGreen (UFA)

http://shop.biocontrol.ch/fr_bc/lutte-contre-les-ravageurs/nematodes-entomopathogenes/galanem

C. Le piégeage: Installer les pièges à la mi-mai, dès le début du vol jusqu'à la fin du vol, fin juillet. Un piège, chaque 10-20 m.

Forme commerciale: Phyllotrap (Biocontrol)
http://shop.biocontrol.ch/media/downloads/329/phyllotrap_mode_emploi.pdf

D. Lutte mécanique: Le labour entre la mi-avril et octobre est efficace contre les larves. Durant la saison froide, les larves ne sont pas atteintes car elles migrent en profondeur.



Adultes sur benoîte (*Geum urbanum*).

Tipule (*Tipula paludosa*)

Culture: *Rhodiola rosea* (plantation de 1 et 2 ans)

Site: Hausen am Albis (ZH)

Dégâts: En septembre, tiges basales et collets rongés entraînant la disparition des plantes (30-50 % de plantes manquantes).

Biologie: Les adultes de tipules, appelés « cousins », ne sont pas nuisibles. Ils ressemblent à d'énormes moustiques gris de 15 à 25 mm, avec de longues pattes, un corps allongé et des ailes grisâtres. La larve, de couleur gris terreux est un asticot cylindrique et apode. Elle mesure 20 à 25 mm. Contrairement à d'autres larves, celle-ci ne s'enroule jamais sur elle-même. Son corps est mou, mais très solide. Les œufs de 1 mm de longueur sont noirs et rigides. C'est la larve qui occasionne les pertes en se nourrissant de racines, des collets et des tiges basales. Les dégâts les plus importants sont observés sur les jeunes plantes. Les larves sont actives la nuit, lorsque l'hygrométrie de l'air est élevée et que la température est supérieure à 5°C. Un sol léger humifère ainsi que des conditions fraîches et humides favorisent ce ravageur. L'habitat typique des tipules se situe dans les prairies humides ou les marécages. Les adultes volent le matin ou au crépuscule. Ils s'accouplent à plusieurs reprises. En septembre, la femelle pond jusqu'à 300-400 œufs, par groupes de 5-6 unités. Les œufs sont déposés sur le sol, voire même expulsés en vol. Le développement embryonnaire nécessite des conditions humides et dure une quinzaine de jours. La larve se nourrit d'humus et de débris végétaux. Elle est très résistante. Durant l'hiver, elle demeure dans la terre sans véritablement entrer en diapause. Elle reprend son activité au printemps. Au terme de son développement, vers le mois de juin, elle se pupifie dans le sol puis atteint le stade adulte. En principe, la tipule des prairies n'a qu'une génération par an.

Possibilités de lutte:

A. Pratiques culturales: La prolifération de tipules est souvent observée dans cultures suivant une rompuée de prairie. Elle peut être limitée si la prairie est labourée profondément en juillet ou au début août et que la végétation herbacée est bien enfouie (Anonyme 1984). De bonnes pratiques culturales demeurent par excellence le meilleur moyen de réduire les populations de larves de tipules et d'entraîner une nette réduction de l'incidence des dommages (Blackshaw, 1988). Ainsi, la mortalité au cours d'une préparation du lit de semences a été estimée au taux faible de 20% (LaCroix et Newbold, 1968), mais a augmenté à 70% dans une expérience où il y avait eu un minimum de deux préparations du lit de semences (Blackshaw 1988).



Recherche de larves dans le sol au niveau des racines

B. Nématodes (*Steinernema carpocapsae*): Appliquer en arrosage après la ponte mi-septembre à début octobre lorsque la température du sol est > à 12°C. 1 mio de nématodes/m².

Forme commerciales (liste des intrants FIBL 2016): Carponem(Biocontrol)
http://shop.biocontrol.ch/media/downloads/482/carpone_m_mode_emploi.pdf

Sources:

Anonyme 1984. Leatherjackets. ADAS Leaflet 179, Ministry of Agriculture Fisheries and Food. HMSO, London.

Blackshaw, R.P.1988. Effects of cultivations and previous cropping on leatherjacket populations in spring barley. Research and Development in Agriculture 5, 35–7.

LaCroix, E.A.S. & Newbold J.W. 1968. Autumn treatments against leatherjackets. *Plant Pathology* 17, 78–82..Roy, A. 2009.

<https://www.agrireseau.net/grandescultures/documents/S%C3%A9minaire%20tipule.pdf>

Hycleus polymorphus (syn. *Mylabris variabilis*)

Culture: Malva sylvestris var. mauritanica

Site: Sembrancher (VS)

Observations : Dégâts sur fleurs de mauve.

Biologie: Les adultes ont un corps noir, allongé avec des tâches jaune-orange sur les élytres. Les motifs colorés peuvent différer (polymorphus). Les bandes noires antérieures et moyennes des élytres s'étendent jusqu'au bord externe et le long de la suture. Les adultes ont 11-20 mm de longueur. On les observe fréquemment en juillet-août se nourrissant de fleurs et de nectar, principalement sur Asteracées et Fabacées. Le stade larvaire de ces insectes est assez complexe. Il se caractérise par une hypermétamorphose.

La femelle d'*Hycleus polymorphus* dépose ses œufs dans le sol. Les larves de premier stade (triongulin) sont minces et mobiles. Elles se déplacent pour trouver une oothèque de sauterelles ou de criquets, car ces coléoptères sont prédateurs des œufs d'orthoptères. Les larves sont donc des auxiliaires utiles contre les acrididés. Dans les pontes de leurs victimes, les triongulins muent en une larve massive et sédentaire, qui formera une puppe puis finalement un adulte.

Possibilité de lutte:

A. Lutte mécanique: Dans la parcelle concernée, les adultes ont disparus spontanément au bout de quelques semaines. En l'absence de connaissance sur le seuil de tolérance et/ou d'estimation du préjudice, seule une lutte mécanique par capture au filet ou avec un aspirateur à insectes (DVac) est conseillée. La difficulté réside dans la mobilité des insectes adultes.



Hycleus adulte sur fleur de mauve sylvestre

Chenille défoliatrice

Culture: *Tropaeolum majus*

Site: Altbüron (LU)

Observations: En mai 2016, d'importants dégâts dus à une forte attaque de chenilles sur une culture de 18 ares de capucines ont été signalés. En raison de l'urgence de la demande, la détermination de l'espèce incriminée (peut-être *Pieris brassicae* ?) n'a pas été effectuée. Une autorisation exceptionnelle de traiter au spinosad a été délivrée (conformément à la procédure établie par Biosuisse, le FiBL et Agroscope en 2009). http://www.betriebsmittelliste.ch/fileadmin/documents/fr/hifu/lutte_chenilles_plantes_aromatiques.pdf

Biologie: De nombreuses espèces de chenilles défoliatrices peuvent occasionner des dégâts sur les PMA. Leur cycle biologique comprend quatre stades : l'œuf, la larve (avec plusieurs stades larvaires, souvent cinq, mais parfois plus), la pupe (qu'on appelle chrysalide chez les papillons) et l'imago (l'adulte). Certaines espèces sont sédentaires et hivernent sous forme d'œufs, de nymphes ou d'adultes, d'autres sont migratrices et passent la saison froide dans en zone méditerranéenne ou en Afrique du Nord. Les chenilles sont généralement polyphages. L'importance des populations dépend fortement des conditions climatiques en Suisse et/ou sur la route de migration.

Possibilités de lutte:

A. Lutte préventive ou mécanique: La lutte préventive est difficile. La rotation des cultures, ainsi que des mesures d'hygiène (élimination des déchets de cultures, contrôle des adventices) limitent parfois les risques d'attaques. L'utilisation de filets de protection insectproof peut protéger efficacement contre les chenilles non terricoles. La difficulté du choix de la



Jeunes feuilles de capucines difformes et rongées par les chenilles. Altbüron, 30 mai 2016.

stratégie de lutte réside dans le caractère aléatoire des attaques, difficiles à prédire, ainsi que dans le nombre importants d'espèces incriminées. L'observation attentive des cultures est recommandée car un diagnostic précoce permet de réagir rapidement.

B. Lutte insecticide: Les insecticides biologiques à base de bactéries (*Bacillus thuringiensis kurstaki*, Btk), de pyrèthre et d'azadirachtine ont un effet sur les jeunes stades larvaires (L1-L2) de plusieurs espèces de lépidoptères. Ceux à base de spinosad (toxines sécrétées par une bactérie) sont également efficaces, mais sujet à autorisation préalable.

C. Lutte biologique: L'auxiliaire *Trichogramma brassicae* Bezdenko, hyménoptère parasite est homologué contre les chenilles en lutte biologique dans les cultures couvertes (épices).

Punaise (*Strongylocoris* sp.)

Culture: *Achillea collina*

Site: Bruson (VS)

Observations: En juin 2016, une pullulation de punaises a été observée sur une parcelle d'achillée. Plusieurs dizaines de larves de 4^e et 5^e stades occupaient chaque plante. Elles ont été identifiées par S. Fischer (Agroscope Changins). Il s'agit probablement d'une espèce du genre *Strongylocoris*, peut-être l'espèce *niger* dont les plantes hôtes référencées sont les *Peucedanum* (Apiacées).

A Bruson, la culture voisine de la parcelle infestée était justement occupée par de l'impéatoire (*Peucedanum ostruthium*). Durant l'été, les insectes adultes ont disparu et la nuisibilité de cet insecte n'a pas été établie. Un suivi de cette parcelle afin est prévu pour 2017.



Strongylocoris sur achillée des collines.

Altise

Culture: *Ocimum basilicum*

Site: Ayent (VS)

Observations: En juin 2016, deux semaines après plantation, les jeunes plantes de basilic présentaient des feuilles gaufrées et nécrosées. Ces dégâts ont été attribués à des altises (puces de terre). La capture d'insectes pour la détermination de l'espèce incriminée n'a pas été possible car la parcelle avait déjà été traitée au pyrèthre (Pyrethrum FS à 0.05 %) quelques jours avant. Suite au traitement, les symptômes ont disparu et la croissance a repris.



Dégâts d'altises sur jeunes plantes de basilic.

Longitarsus lycopi, *L. ferrugineus* (altise de la menthe)

Culture: *Mentha* sp. et Lamiacées

Site: Ayent, Bruson (VS)

Travaux 2016: le monitoring des *Longitarsus* s'est poursuivi sur deux parcelles de menthe à Bruson et à Ayent. En outre, des captures de *Longitarsus* au DVac ont été tentées à Heimiswil en Emmental, où la présence de ce ravageur n'avait toutefois pas été formellement attestée.

En Valais, Coline Braud a réalisé un travail de bachelor de l'hepia de Genève intitulé «*Comment lutter contre Longitarsus sp. coléoptère ravageur des Lamiaceae dans les cultures de plantes aromatiques et médicinales ?*».

L'identification morphologique a permis de conclure à la présence de deux espèces : *L. lycopi* et *L. ferrugineus*. Par l'analyse moléculaire, seule une séquence peu spécifique a pu être amplifiée. Elle a néanmoins permis de détecter des différences dans la séquence génétique de l'ADN ribosomique des individus les plus gros et les plus clairs, correspondant très certainement à *L. ferrugineus*.

Les connaissances sur les cycles biologiques de ces deux espèces devraient permettre de déterminer les périodes de luttés optimales.

Concernant *L. lycopi*, il serait intéressant de tester la lutte contre les adultes hivernants directement lors de leur émergence au printemps. Ainsi, ces individus, encore peu nombreux, ne pourraient pas se reproduire, et les pics d'été et d'automne en seraient atténués.

Dans le cas de *L. ferrugineus*, qui a été très étudié aux Etats-Unis, la lutte pourrait se focaliser sur le stade larvaire. Il est théoriquement possible de déterminer précisément la période de présence des larves dans le sol.

Un bon monitoring de ces ravageurs reste indispensable pour surveiller leur progression et permettre de situer précisément les pics de populations, variables selon les années (notamment en fonction de la météo), et donc les périodes optimales de traitement. Nos études concernant les méthodes de suivi ont conclu à la bonne représentativité des pièges englués, pourvu qu'ils soient de teinte jaune ou blanche. L'importance de la hauteur des pièges, à placer juste au ras de la végétation, a été confirmée.

Possibilités de lutte: En l'absence de données sur le seuil de tolérance ou l'efficacité des insecticides biologiques, seule une bonne rotation des cultures est préconisée afin de rompre les cycles des *Longitarsus*.



Monitoring des *Longitarsus* à Ayent à l'aide de pièges englués blanc et jaune et du DVac (aspirateur à insectes). (Photos C. Parodi, Agroscope)

Melolontha melolontha (hanneton commun)

Culture: diverses espèces

Site: La Garde/Sembrancher (VS)

Travaux 2016: Dans le secteur de Vollèges/ Sembrancher en Entremont, le hanneton commun demeure un ravageur redoutable pour les cultures de PMA et pour les prairies. Dans cette région le vol et la ponte ont eu lieu en 2015 (cycle dit de *Suisse Centrale*). En 2016, les larves se trouvaient donc aux stades L1-L2.



Larves L2 d'hanneton commun

Dans le but de trouver de nouveaux moyens de lutte, huit produits biologiques ont été testés en laboratoire et cinq en plein champ dans une culture de *Melissa officinalis*. Ce travail a été réalisé par Maeva Miranda dans le cadre de sa licence professionnelle «Productions agricoles intégrées et enjeux environnementaux» à Montpellier SupAgro.

Les produits utilisés étaient à base d'extraits de plantes (Rapasan, Rapasan Forte), de glucosinolate et capsaïcine (Ecofort 2015, Ecofort granulé), de lithothamme (litostop), de nématodes (*Heterorhabditis*

bacteriophora), Galanem) et de champignons entomopathogènes (*Beauvaria bassiana*, Naturalis-L et BB-Protect).

En laboratoire, le BB-protoc (*Beauvaria bassiana*) à la dose de 2kg/ha, le Galanem (*Heterorhabditis bacteriophora*) à 1 mio de nématodes/m² et l'Ecofort à 1.5dl/ha ont montré une efficacité partielle. Dans l'essai plein champ, aucun des traitements testés n'a montré une influence notable sur la production ou la qualité de la mélisse.

Cicadelles (*Eupteryx decemnotata*, *E. atropunctata*, *Emelyanoviana mollicula*)

Culture: Lamiacées

Sites: toute la Suisse

Situation en 2016: Bien que les populations de cicadelles aient été ponctuellement élevées, aucune situation critique ne nous a été signalée.

Possibilités de lutte:

A. Lutte préventive: Une bonne rotation des cultures, ainsi que le monitoring des populations au moyen de pièges englués jaunes sont recommandés. En cas de forte population, une récolte précoce limite le préjudice.

B. Lutte insecticide: en cas de forte attaque, un traitement à l'azadirachtine (Neem-Azal T/S) contre les larves permet de diminuer les populations.

C.Stratégie 'Push and Pull'. Un schéma de culture intégrant des plantes répulsives (ciboulette) et de plantes « piège » attractives (jeune menthe) limitent la prédation sur la sauge.

Stratégie "Push and Pull" contre les cicadelles

Impressum

Éditeur: Agroscope
Centre de recherche Conthey
Route des Eterpys 18
1964 Conthey
www.agroscope.ch

Rédaction: Claude-Alain Carron, Catherine Baroffio,
Coline Braud, Maeva Miranda

Copyright: © Agroscope 2017

ISSN: 2296-7230

Influence d'une couverture hivernale sur le rendement et la qualité de la menthe

Claude-Alain CARRON¹, Massimo PLASCHY², José VOUILLAMOZ¹ et Catherine BAROFFIO¹

¹Agroscope IPV, 1964 Conthey

²Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW, 8820 Wädenswil

Renseignements: Claude-Alain Carron, e-mail: claude-alain.carron@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 481 35 39, www.agroscope.ch



Figure 1 | Parcelle d'essai de *Mentha x rotundifolia* à Attiswil en juin 2013.

Introduction

En Suisse, la menthe poivrée (*Mentha x piperita* L.) et la menthe orangée (*Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq.) sont des espèces de haute importance économique (Aeschlimann *et al.* 2015; Rey 1997). Les menthes sont principalement écoulées dans l'industrie agroalimentaire sous forme de parties aériennes séchées. Pour les producteurs de plantes médicinales et aromatiques (PMA), gérer les adventices est un facteur clé de productivité et de rentabilité. Les cultivateurs de menthe soucieux de diminuer le temps nécessaire à ce travail cherchent des solutions innovantes. Depuis une dizaine d'années, quelques producteurs suisses couvrent en hiver leurs cultures de menthe d'un paillage hors-sol tissé en polypropylène (PP), pour limiter la pression des adventices au départ de la végétation et protéger les

cultures des rigeurs hivernales. De nombreux auteurs ont mis en évidence les effets positifs des paillages organiques ou inorganiques durant la période de végétation: réduction de la pression et du coût de la lutte contre les adventices, meilleure croissance des plantes, meilleure structure du sol et augmentation de l'activité microbologique, limitation de l'érosion éolienne et hydrique, meilleure disponibilité en eau et éléments nutritifs, température du sol en moyenne plus élevée et plus constante, protection accrue contre les polluants (Grundy et Bond 2007; Feldmann *et al.* 2000; Seitz 1985; Weller *et al.* 2000). Cependant, il existe peu de données sur l'action des couvertures PP durant le repos végétatif, en particulier pour des espèces hémicryptophytes comme les menthes. En 2013, quatre parcelles de différents clones de *Mentha*, couvertes de novembre 2012 à mars 2013 d'un paillage PP, ont été suivies pour évaluer

son influence sur le rendement et la qualité des plantes. Des mesures ont été aussi effectuées sur la flore adventice, sur le temps de travail et sur les propriétés physiques, biologiques et chimiques du sol.

En complément, la température du sol avec et sans paillage PP a été relevée à Conthey durant l'hiver 2014–2015. Ces essais ont été conduits en collaboration avec la Haute Ecole de Wädenswil (ZHAW) dans le cadre d'un travail de bachelor. Les principaux résultats pratiques de cette étude sont discutés ici.

Matériel et méthodes

Sites expérimentaux

Les quatre parcelles de menthe où ont été réalisées les mesures agronomiques et pédologiques se situaient à Attiswil (BE), dans l'exploitation biologique de M. Lukas Studer (fig. 1), au pied du Jura, à 600–650 m sur un coteau exposé au sud. Cette région se caractérise par des hivers rigoureux et des étés relativement pluvieux. La température moyenne de la période 2008–2012 avoisine 10 °C et les précipitations moyennes 1150 mm/an. Le sol est un loam sableux faiblement humifère (3,5 %), à pH légèrement acide à neutre (6 à 7,5), modérément à suffisamment pourvu en éléments nutritifs et riche en potassium. Les paramètres agronomiques et pédologiques ont été mesurés en 2013 de mars à juin.

Les données complémentaires de température et les observations sur la phénologie des arbres fruitiers ont été notées à Conthey (VS) dans la plaine du Rhône, à une altitude de 460 m, durant l'hiver 2014–2015 de novembre à mai.

Dispositif expérimental et matériel végétal

Quatre cultures de différents clones du genre *Mentha* (tabl. 1) couvertes durant l'hiver d'un paillage PP du début de novembre 2012 au 19 mars 2013 ont été suivies de la découverte jusqu'à la première récolte de juin. La toile utilisée était un polypropylène (PP) noir tissé de 100 g/m², stabilisé aux rayons UV et perméable à l'eau.

L'essai principal, portant sur la biomasse et la qualité de la première récolte, sur la flore adventice et sur la pédologie, s'est déroulé sur une parcelle plantée de *Mentha piperita* var. *citrata*, en seconde année de

Résumé En agriculture biologique, gérer les adventices est crucial pour la productivité et la rentabilité. Depuis une dizaine d'années, des producteurs suisses de menthe couvrent à cette fin leurs cultures d'un paillage tissé en polypropylène (PP) durant l'hiver. Afin d'évaluer l'impact de cette technique, quatre champs de menthe couverts et non couverts ont été suivis durant l'hiver 2012–2013. Dans ces essais, le paillage PP a significativement favorisé la production en matière sèche de la première récolte annuelle des quatre clones de menthe (+5 à 12 kg/a selon les clones), en inhibant efficacement la flore adventice. Dans les parcelles couvertes, le temps de sarclage manuel a été réduit de 4,4 h/a. Le paillage PP a en outre amélioré la porosité du sol, la biomasse microbienne et la minéralisation de l'azote. A Conthey, durant l'hiver 2014–2015, l'action de la couverture PP a aussi été étudiée sur la température au niveau du sol et des racines. Celle-ci a fortement limité l'amplitude des variations et le nombre de jours de froid. En revanche, la température moyenne n'a été que légèrement plus élevée (+0,3 °C). Le moment opportun pour découvrir les cultures au printemps reste discuté. L'expérience alliée à une approche basée sur la phénologie des arbres fruitiers permettront d'affiner les recommandations pratiques.

culture. Le dispositif expérimental était constitué de deux plates-bandes divisées en vingt blocs élémentaires d'une dimension de 1,20 x 6,60 m chacun, soit cinq répétitions, où étaient alternés quatre procédés:

- paillage PP durant l'hiver, avec désherbage manuel (CD);
- paillage PP durant l'hiver, sans désherbage manuel (CS);
- non couvert durant l'hiver, avec désherbage manuel (ND);
- non couvert durant l'hiver, sans désherbage manuel (NS).

Tableau 1 | Espèce, cultivar, surface cultivée et âge des parcelles de menthes suivies à Attiswil en 2013

Nom vernaculaire	Nom latin	Cultivar / origine	Surface (ares)	Année de culture
Menthe orangée	<i>Mentha x piperita</i> var. <i>citrata</i> (Ehrh.) Briq.	'Camich' sélection Agroscope/Valplantes	50	2 ^e (2012)
Menthe pomme	<i>Mentha x rotundifolia</i> (L.) Hudson	'Apfelminze' origine inconnue	43	4 ^e (2010)
Menthe marocaine	<i>Mentha spicata</i> L.	'Marroko' origine inconnue	6	4 ^e (2010)
Menthe poivrée	<i>Mentha x piperita</i> L.	'Italo-Mitcham' (<i>f. rubescens</i>) origine Cuneo (IT)	66	3 ^e (2011)

Pour les trois autres espèces de menthe, le dispositif expérimental était réduit à deux plates-bandes de 20 m de longueur, couvertes et non couvertes, divisées en deux sections avec et sans désherbage. Les mesures simplifiées, sur quatre répétitions, étaient ciblées sur les aspects rendement, qualité, flore adventice et temps de travail (tabl. 2).

Les stolons ayant été multipliés à partir de matériel végétal prélevé dans l'entreprise, il n'a pas été possible d'établir l'origine exacte de tous les clones. La surface cultivée, l'âge et l'origine des clones figurent dans le tableau 1.

Paramètres contrôlés

Les analyses sur la végétation ont été effectuées de la découverte des cultures à la première récolte annuelle. Au départ de la végétation, les pousses ont été dénombrées, puis la hauteur des plantes a été mesurée chaque semaine en photographiant régulièrement les parcelles. La récolte a été réalisée au Supercut NT 2000 sur une surface de 1,80 m². Les échantillons ont été placés dans le séchoir expérimental d'Agroscope à Conthey à une température de 35 °C durant 48 heures. A la fin du séchage, les lots ont été pesés (précision 1 g; balance Mettler Toledo Viper sw6), puis effeuillés manuellement afin d'établir le pourcentage de feuilles et la proportion de mauvaises herbes. L'huile essentielle a été analysée par hydrodistillation à la vapeur sur 20 g de feuilles séchées selon la méthode de la Pharmacopée européenne.

La composition, le taux de couverture du sol et l'évolution de la flore adventice ont été notés et les interventions de désherbage manuel chronométrées.

Les analyses pédologiques (tabl. 2) ont été réalisées à la ZHAW de Wädenswil par Massimo Plaschy dans le cadre de son travail de bachelor.

La terre pour les analyses de granulométrie, de pH, de densité apparente du sol (fig. 2) et les échantillons pour les analyses des minéraux (C/N, P et K) ont été prélevés directement au champ le 22 mars. L'humidité du sol a été suivie avec des tensiomètres durant toute la période expérimentale.

La biomasse microbienne a été mesurée par la respiration induite par le substrat (SIR) (selon Isermeyer, méthode B-BM-IS). La respiration basale du sol a été déterminée selon la méthode de référence B-BA-IS (Agroscope 2015). Les teneurs en NO₃ et NH₄ dans le sol ont été établies avec un réflectomètre (Merck RQflex 10) et la quantité de phosphore (P) et de potassium (K) contenue dans les échantillons de terre à l'aide de kits de colorimétrie (VISOCOLOR®, Macherey-Nagel AG). Le carbone organique a été déterminé avec l'analyseur élémentaire TruSpec CHN.

La température a été relevée par seize dataloggers UTL-3, soit quatre répétitions. Les enregistrements avaient lieu toutes les vingt minutes, au niveau du sol et à 10 cm de profondeur.

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel open source R (version 2.14.1) sur cinq répétitions pour la parcelle principale de menthe orangée et quatre pour les parcelles de menthes pomme, marocaine et poivrée (blocs complètement randomisés). Le test de Tukey HSD (ANOVA) a été utilisé pour les analyses agronomiques de rendement, de qualité et des adventices, lorsque la distribution était normale, et ceux de Kruskal-Wallis et Wilcoxon pour les variantes non paramétriques. Les échantillons de sols ont été soumis à un test T à deux échantillons (échantillons dépendants).



Figure 2 | Mesure de la densité apparente du sol dans l'essai de *Mentha x piperita* var. *citrata*. Attiswil, le 22 mars 2013.

Tableau 2 | Analyses effectuées sur les parcelles de menthe à Attiswil en 2013

Espèce cultivée	Analyses		
	sur la végétation	sur les adventices	pédologiques
Menthe orangée	Biomasse, taux de feuilles (%), teneur en huile essentielle, hauteur de la végétation, densité des pousses, documentation photographique	couverture du sol, liste des espèces, nombre, temps de travail	type de sol, granulométrie et porosité, pH, MO, teneur en humus, rapport C/N, teneur en eau et pouvoir de rétention, température minéraux: NH ₄ ⁺ et NO ₃ ⁻ , P, K biomasse microbienne, respiration
Menthe pomme Menthe marocaine Menthe poivrée	Biomasse, taux de feuilles (%), teneur en huile essentielle, hauteur de la végétation, documentation photographique	nombre, temps de travail	

Résultats et discussion

Rendement et qualité

La couverture hivernale des cultures a significativement amélioré la précocité du débourrement des stolons, la croissance et le rendement en biomasse. Le gain en matière sèche (MS) à la première récolte des différentes parcelles a varié selon la pression des adventices et la vigueur de la culture. Il était de 9,3 kg/a pour la menthe orangée (tabl. 3) et de 12,0, 4,3 et 7,0 kg/a respectivement pour les menthes marocaine, pomme et poivrée (tabl. 4). La biomasse n'a pas été mesurée aux récoltes suivantes mais, visuellement, la différence de végétation entre les procédés a diminué, voire disparu dans les champs où la vigueur la menthe était satisfaisante, mais s'est maintenue dans les parcelles où la menthe était lacunaire.

Dans un formulaire d'enquête, quatre producteurs de l'Emmental et du Valais ayant couvert leur culture de menthe durant les hivers 2013–2014 et 2014–2015 se sont exprimés de façon plus nuancée sur le gain de rendement. Sans avoir effectué de mesures précises, l'aug-

mentation de la biomasse leur semblait nulle ou peu marquée. En revanche, ils ont tous confirmé un net allègement du temps voué au désherbage. Ces témoignages illustrent que le paillage PP n'est pas seul à déterminer le rendement: l'historique de la parcelle, la fertilité du sol, les aléas climatiques, la pression et la composition de la flore adventice jouent également un rôle important.

Concernant le pourcentage de feuilles, des différences ont été observées entre les parcelles sans que l'on puisse les attribuer aux procédés, ni établir de corrélations avec le rendement. Avec la menthe orangée, le procédé ND moins vigoureux a eu le meilleur taux de feuilles, significativement supérieur aux trois autres variantes (tabl. 3). Avec la menthe marocaine, les procédés n'ont induit aucune différence, tandis que le procédé CD s'est distingué pour la menthe pomme et le ND pour la menthe poivrée (tabl. 4). Une tendance favorable apparaît toutefois dans les procédés 'avec désherbage' (ND et CD) car, en présence d'adventices, la compétition pour la lumière allonge probablement les entre-nœuds et péjore le taux de feuilles.

Tableau 3 | Rendements en matière sèche, pourcentage de feuilles, taux d'adventices à la récolte, nombre de tiges et teneur en huile essentielle de la menthe orangée à Attiswil à la première récolte 2013. Moyenne de cinq répétitions

Variante	Matière sèche (kg/a)	Feuilles sèches (kg/a)	Taux de feuilles (%)	Huile essentielle (%)	Nombre de tiges (n/m ²)	Adventices dans la MS (%)
Couverture hivernale avec désherbage (CD)	19,14 ^a	11,34 ^a	59,62 ^a	1,84 ^{ab}	907 ^a	0,77 ^a
Couverture hivernale sans désherbage (CS)	19,91 ^a	11,15 ^a	56,10 ^a	1,91 ^{ab}	978 ^a	4,65 ^a
Sans couverture avec désherbage (ND)	9,80 ^b	6,80 ^b	69,76 ^b	1,97 ^a	496 ^a	2,08 ^a
Sans couverture sans désherbage (NS)	9,48 ^b	5,49 ^b	58,12 ^a	1,80 ^b	662 ^a	20,00 ^b

Les petites lettres indiquent les différences significatives ($P < 0,05$).

Tableau 4 | Rendements en matière sèche, pourcentage de feuilles, taux d'adventices à la récolte et teneur en huile essentielle de trois clones de *Mentha* à Attiswil à la première récolte 2013

Clones de menthe	Paramètres	CD	CS	ND	NS
Menthe marocaine	Matière sèche (kg/a)	17,63 ^a	10,71 ^b	5,62 ^c	6,89 ^c
	Feuilles (%)	69,48 ^a	68,45 ^a	72,54 ^a	68,99 ^a
	Adventices (%)	2,12 ^a	5,05 ^{ab}	2,38 ^a	8,50 ^b
	Huile essentielle (%)	0,95 ^b	1,26 ^a	0,97 ^b	0,98 ^b
Menthe pomme	Matière sèche (kg/a)	15,17 ^a	17,84 ^a	10,89 ^b	14,25 ^{ab}
	Feuilles (%)	65,35 ^b	73,18 ^a	62,02 ^b	64,01 ^b
	Adventices (%)	2,57 ^a	5,23 ^a	3,03 ^a	9,31 ^b
	Huile essentielle (%)	2,08 ^b	2,43 ^a	1,76 ^{bc}	1,51 ^c
Menthe poivrée	Matière sèche (kg/a)	9,90 ^a	10,66 ^a	2,89 ^b	1,07 ^b
	Feuilles (%)	65,65 ^{ab}	68,78 ^{ab}	69,68 ^a	60,33 ^b
	Adventices (%)	1,80 ^a	4,98 ^{ab}	15,57 ^b	2,13 ^{ab}
	Huile essentielle (%)	1,49 ^{ab}	1,62 ^a	1,26 ^{bc}	1,07 ^b

Les petites lettres indiquent les différences significatives ($P < 0,05$).

CD: couvert avec désherbage manuel. CS: couvert sans désherbage manuel. ND: non couvert avec désherbage manuel. NS: non couvert sans désherbage manuel.

La teneur en huile essentielle de la menthe orangée a été assez similaire dans tous les procédés, à l'exception de la différence significative mesurée entre ND et NS (tabl. 3). En revanche, elle est significativement plus haute dans les variantes CS des trois autres espèces. Cet effet positif est probablement dû au stade phénologique plus précoce dans les procédés couverts (tabl. 4).

Adventices

La couverture hivernale PP a eu un impact spectaculaire sur la flore adventice, en contenant fortement le développement des principales mauvaises herbes (fig. 3). L'évolution de la végétation notée et photographiée toutes les deux semaines a montré que, même sans aucune intervention avant récolte, la pression malherbologique restait faible jusqu'à la première récolte (fig. 4). Au contraire, dans les variantes sans paillage PP, la situation était critique dès le début d'avril. Les principales adventices étaient *Arabis hirsuta*, *Capsella bursa-pastoris*, *Echium vulgare*, *Geranium columbinum*, *Lamium purpureum*, *Leucanthemum vulgare*, *Matricaria chamomilla*, *Papaver rhoeas*, *Plantago lanceolata*, *Poa sp.*, *Sonchus sp.*, *Silene pratensis*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinalis*, *Trifolium pratense*, *Verbascum thapsus*, *Veronica arvensis* et *Vicia sepium*. Du fait de la distribution hétérogène des espèces dans les parcelles,

Tableau 5 | Pourcentage de recouvrement du sol à la récolte par les adventices, par la menthe et sans végétation des quatre procédés. Moyenne de cinq répétitions

Variantes	Couverture du sol à la récolte		
	Adventices (%)	Menthe (%)	Sans plante (%)
Couverture hivernale avec désherbage (CD)	0,8 ^a	99,2 ^b	0,0 ^a
Couverture hivernale sans désherbage (CS)	4,6 ^a	95,4 ^b	0,0 ^a
Sans couverture avec désherbage (ND)	1,7 ^a	92,5 ^b	5,8 ^b
Sans couverture sans désherbage (NS)	30,5 ^b	40,0 ^a	29,5 ^c

Les petites lettres indiquent les différences significatives ($P < 0,05$).

Tableau 6 | Temps de travail et coûts à l'are de la lutte contre les adventices et de la pose d'un paillage hors-sol tissé en polypropylène

Variantes	Lutte contre les adventices (h/a)	Montage et démontage (h/a)	Total	
			(h/a)	(CHF.-/a)
Couverture hivernale avec désherbage (CD)	0,67	1,04	1,71	54,90
Couverture hivernale sans désherbage (CS)	0	1,04	1,04	38,05
Sans couverture avec désherbage (ND)	5,11	0	5,11	127,70
Sans couverture sans désherbage (NS)	0	0	0	0

Base de calcul: coûts horaires du travail: 25 CHF.-/h; coûts du paillage PP + matériel (amortissement en 5 ans): 12 CHF.-/a.

les pertes de rendements et économiques liées aux adventices ont été exprimées par le taux d'occupation du sol par ces dernières (tabl. 5) et par la quantité d'herbes indésirables trouvées dans la matière sèche à la récolte (tabl. 3 et 4): en effet, les adventices concurrencent au champ la formation de la biomasse de la menthe et leur présence dans la matière sèche dévalorise le produit ou occasionne des frais de tri.

Dans les parcelles désherbées (CD et ND), le temps nécessaire à la pose de la couverture hivernale comparé à celui des sarclages montre que la variante ND a nécessité au moins 3,4 h/a de plus que la variante CD (tabl. 6). Calculé en francs, ce surplus de main-d'œuvre correspond à 72,80 CHF.-/a. La rentabilité du procédé CD se renforce encore en cumulant ce gain de main-d'œuvre avec celui de la biomasse produite, de 4,3 à 12,1 kg/a selon les espèces de menthe (tabl. 3 et 4).

Pédologie

L'influence du paillage hivernal PP a été évaluée sur différents paramètres pédologiques. La couverture exerce un effet protecteur sur la structure du sol, no-



Figure 3 | Parcelle de *Mentha x piperita var. citrata*, couverte d'un paillage hors-sol tissé en polypropylène durant l'hiver et non désherbée (CS), à Attiswil, le 17 juin 2013. La situation malherbologique est sous contrôle, malgré quelques adventices isolées faciles à trier à la récolte, comme la vipérine (*Echium vulgare*).

tamment contre les fortes précipitations hivernales et l'érosion éolienne. Le sol, découvert le 22 mars après un épisode peu pluvieux depuis le 9 février 2013, était visiblement un peu moins humide, plus meuble et mieux aéré (tabl.7). Cette bonne structure a limité le stress hydrique au printemps durant les périodes de faibles précipitations par rapport aux variantes non couvertes (fig. 5).

Le paillage a aussi amélioré sensiblement l'activité des micro-organismes telluriques, comme décrit par Grundy *et al.* (2007) et Seitz (1985). La teneur en humus, fortement corrélée à la biomasse microbienne (Schinner *et al.* 1996), y était significativement plus éle-

vée, ainsi que le quotient métabolique (tabl. 7). La respiration du sol, bien que non significative, était aussi plus élevée dans les parcelles couvertes. Ces indicateurs de la fertilité du sol ont probablement contribué aux gains de biomasse observés à la première récolte.

Le meilleur climat sous paillage PP joint à l'activité des micro-organismes du sol a aussi favorisé la minéralisation de l'azote, à l'instar d'une couverture neigeuse (Gamache 2014). Au printemps, la teneur en NO_3^- était significativement plus élevée dans les parcelles couvertes. Le paillage semble avoir aussi limité le lessivage du phosphore et de la potasse. Le rapport C/N était moins favorable dans le sol nu en hiver, mais non signi-



Figure 4 | Relevé de la flore adventice dans la menthe orangee à Attiswil, 8 mai 2013. A droite, deux plates-bandes non couvertes durant l'hiver et, à gauche, la partie couverte, avec une pression malherbologique faible.

Figure 5 | Evolution hebdomadaire de l'humidité du sol, avec et sans couverture, en relation avec les précipitations. Moyenne de trois tensiomètres.
CD: couvert avec désherbage manuel.
CS: couvert sans désherbage manuel.
ND: non couvert avec désherbage manuel.
NS: non couvert sans désherbage manuel.

■ CD ■ CS ■ ND ■ NS
□ Précipitations

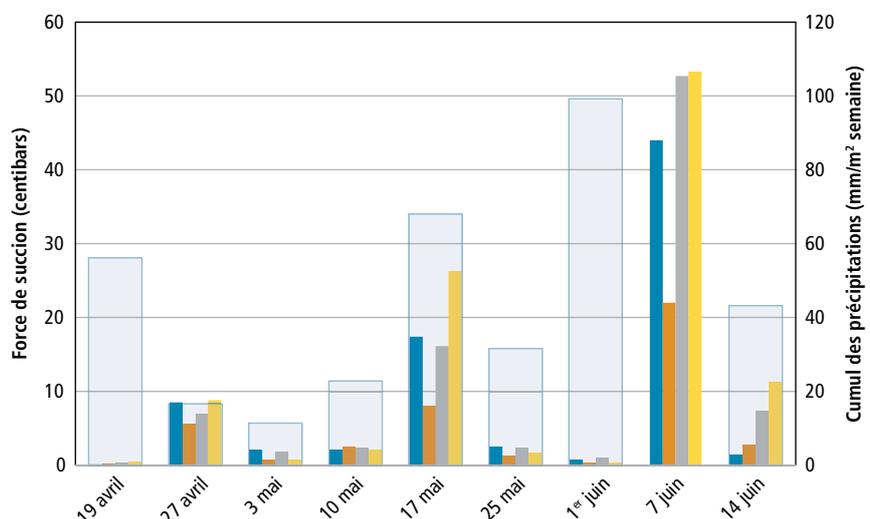


Tableau 7 | Influence d'un paillage hors-sol tissé en polypropylène en hiver sur les caractéristiques physico-chimiques du sol. Moyenne de cinq répétitions

Paramètres	Avec couverture hivernale	Sans couverture hivernale
Type de sol	Loam sableux	
Granulométrie	18 % argile, 32 % limon et 50 % sable	
Teneur en humus (%)	3,71 ^a	3,24 ^b
pH	5,8	5,7
Masse volumique sèche (g/cm ³)	1,26 ^a	1,30 ^b
Squelette (%)	6,27	7,58
Porosité (%)	52,51 ^a	51,03 ^b
Teneur en eau (%)	37,97 ^a	40,38 ^b
Respiration (mg CO ₂ -C/kg)	0,416	0,351
Biomasse microbienne SIR (mg C _{mic} /kg)	0,209 ^a	0,147 ^b
Quotient métabolique (qCO ₂)	521 ^a	461 ^b
Rapport C _{mic} /C _{org}	0,81	0,77
NO ₃ ⁻ (kg/a)	0,209 ^a	0,147 ^b
NO ₄ ⁺ (kg/a)	0,015	0,016
P (kg/a)	1,35	1,19
K (kg/a)	2,98	2,34
C/N	17	26

Les petites lettres indiquent les différences significatives (P < 0,05).

ficativement, du fait de la grande disparité entre les mesures (tabl.7). Ces résultats suggèrent que la matière organique se décompose mieux lorsque le sol est protégé en hiver.

Un inconvénient des paillages synthétiques ou organiques souvent cité dans la littérature est d'offrir un abri aux petits rongeurs (Wirth et Gölles 2010). Des galeries témoignant de leur présence ont en effet été observées, mais aucun dégât n'a pu leur être attribué dans les cultures de menthe.

Température du sol

Les mesures prises à Conthey durant l'hiver 2014–2015 par les sondes UTL-3 ont montré que, sous paillage, la température moyenne a été légèrement plus élevée en surface (+0,4 °C) et en profondeur (+0,5 °C) (tabl.8), mais surtout plus stable (fig.6). Le nombre de jours avec une température moyenne inférieure à 0 °C a été de 8 contre 25 sans protection. A 10 cm de profondeur, la température n'a jamais été inférieure à 0 °C, avec ou sans couverture (tabl.8). Comparée aux données d'Agrometeo enregistrées à 2 m de hauteur, la température minimale au sol a été de 9,9 °C plus élevée (-6,2 °C contre -16,1 °C). Cette différence s'explique par l'effet protecteur d'un manteau de neige sur les cultures les jours de grand froid. Sous couverture PP, la température maximale enregistrée a été inférieure de

1,9 °C à celle d'Agrometeo et surtout inférieure de 12,1 °C à celle au niveau du sol (tabl.7). Ce résultat exclut un effet de solarisation de la couverture sur les adventices. Son action contre ces plantes, plus vraisemblablement, limite la photosynthèse. L'absence de lumière et le microclimat humide sous couverture favorisent probablement l'apparition de maladies fongiques. Les toiles PP forment aussi temporairement une protection mécanique contre l'implantation de nouvelles semences.



Figure 7 | Conthey, le 11 mai 2015. A droite, bon état sanitaire de la menthe orangée découverte le 14 avril et, à gauche, tiges dépourvues de chlorophylle des plantes découvertes le 11 mai.

— sans couverture PP, au niveau du sol
 sans couverture PP, 10 cm de profondeur
 — avec couverture PP, au niveau du sol
 avec couverture PP, 10 cm de profondeur

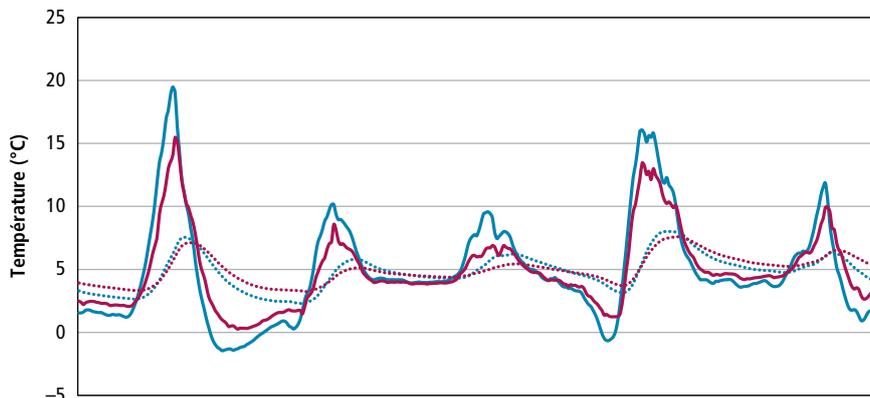


Figure 6 | Fluctuation des températures, avec et sans couverture, au niveau du sol et à 10 cm de profondeur, du 28 février au 4 mars 2015. Moyenne de quatre répétitions.

Tableau 8 | Influence d'un paillage hors-sol tissé en hiver sur la température moyenne du sol, les températures maximales, minimales et le nombre de jours à température moyenne inférieure à 0 °C, à Conthey, en hiver 2014–2015, par rapport aux données d'Agrometeo. Enregistrements toutes les vingt minutes par des dataloggers UTL-3 du 28 novembre au 10 mai; Moyenne de quatre répétitions

Position des sondes	Température (°C)			Nombre de jours < 0°C	Nombre de jours de précipitations
	Moyenne	Maximum	Minimum		
Témoin Agrométéo à 2 m de hauteur	5,4	24,0	-16,1	27	65
Couverture hivernale au niveau du sol	5,7	22,1	-3,9	8	65
Couverture hivernale à 10 cm de profondeur	6,1	17,4	0,4	0	65
Sans couverture au niveau du sol	5,3	34,2	-6,2	25	65
Sans couverture à 10 cm de profondeur	5,6	18,1	-0,4	0	65

Dates de pose et de découverte

Les agriculteurs posent en général les toiles PP en novembre avant les gros gels, une pratique logique qui n'est guère discutée. Le moment opportun pour la découverte est moins évident: un enlèvement trop précoce favorise les adventices et une découverte tardive nuit à la menthe. Ces dernières années, dans les conditions climatiques du nord du canton de Berne, les toiles ont été ôtées avec succès durant la seconde quinzaine de mars. Compte tenu de la diversité des millésimes et des situations agricoles en Suisse, cette période ne saurait faire foi partout. Par sécurité, il est préconisé d'enlever les toiles PP à l'apparition des premières pousses de menthe, en procédant à des contrôles hebdomadaires dès le début de mars.

A Conthey au printemps 2015, trois dates de découverte de la menthe, le 23 mars, le 14 avril et le 11 mai, ont été testées, en observant en parallèle les stades phénologiques BBCH des arbres fruitiers disponibles sur Agrometeo (Bloesch et Viret 2013; Meier *et al.* 1994). La date du 23 mars a été jugée trop précoce. Celle du 14 avril, la plus pertinente dans les conditions du Valais, correspondait au stade BBCH 69 (fin de floraison, chute des pétales) de l'abricotier 'Jumbo Cot', au stade 65 (50 % des fleurs ouvertes) du cerisier 'Hedelfinger', ou au BBCH 57-60 (boutons prêts à éclore) des poiriers 'Williams', 'Conférence', 'Kaiser F.' et des pommiers 'Idared', 'Gala' ou 'Golden Delicious'. La date du 11 mai, trop tardive, a détruit les plantes de menthe (fig. 7). Ce résultat préliminaire doit encore être confirmé par da-

vantage de données, mais l'approche phénologique pourrait s'avérer judicieuse, car elle intègre les particularités microclimatiques.

Conclusions

- Dans les conditions pédoclimatiques d'Attiswil (BE), la couverture hivernale en polypropylène (PP) des cultures a augmenté substantiellement le rendement en biomasse de la première récolte de quatre clones de *Mentha*. La teneur moyenne en huile essentielle a été également améliorée dans les procédés couverts.
- Le paillage PP hivernal des cultures de menthe réduit fortement la pression des adventices, et ainsi le temps de désherbage.
- Au printemps, le sol sous paillage était plus meuble, aéré, et sa teneur en matière organique plus élevée. Un effet bénéfique a aussi été observé sur la minéralisation de l'azote ainsi que sur les teneurs en phosphore et en potasse.
- La couverture maintient une température légèrement plus élevée en moyenne à la surface du sol et au niveau des racines, mais surtout beaucoup plus stable, avec peu de jours de gel.
- La date de découverte des cultures de menthe actuellement préconisée est à l'apparition des premières pousses, en réalisant des contrôles hebdomadaires dès le début de mars. A terme, les stades phénologiques des arbres fruitiers pourraient servir de guide. ■

Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement M. Lukas Studer et sa famille pour la mise à disposition des parcelles et leur participation au bon déroulement des essais.

Bibliographie

- Aeschlimann T., Baroffio C., Carron C.-A., Gammeter M. & Vonnez J.-F., 2015. Plantes aromatiques et médicinales. Classeur de fiches techniques. Editions Agridea, 270 p.
- Agrometeo, 2016. Météorologie. Accès: <http://www.agrometeo.ch/> [2.2.2016]
- Agroscope, 2015. Méthodes de référence des stations de recherche Agroscope. Accès: www.agroscope.admin.ch/analytische-chemie/00664/index.html?lang=fr [20.9.2016]
- Bloesch B. & Viret O., 2013. Stades phénologiques repères des fruits à pépins (pommier et poirier). *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 45 (2), 128–131.
- Feldman R. S., Holmes C. E. & Blomgren T. A., 2000. Use of fabric and compost mulches for vegetable production in a low tillage, permanent bed system: Effects on crop yield and labor. *American Journal of Alternative Agriculture* 15 (4), 146–153.
- Gamache M.-M., 2014. Fonctionnement biologique des sols agricoles en période hivernale et gestion de l'azote en climat nordique. Maîtrise en environnement. Université de Sherbrooke. Accès: https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2014/Gamache_MM__2014-06-07_..pdf [20.9.2016]

- Grundy A. C. & Bond B., 2007. Use of non-living mulches for weed control. In: Non-Chemical Weed Management. Principles, Concepts and Technology. M. K. Upadhyaya & R. E. Blackshaw (eds). *CAB International* 9,135–154.
- Meier, U., Graf H., Hack H., Hess M., Kennel W., Klose R., Mappes D., Seipp D., Stauss R., Streif J. & Van den Boom T., 1994. Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (*Prunus*-Arten), der Johannisbeere (*Ribes*-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 46 (7),141–153.
- Schmatz R., Schäkel C. & Dick C., 2010. Versuche mit Herbiziden in Pfefferminze *Mentha x piperita* L. in Thüringen. *Gesunde Pflanzen* 61, 1–10.
- Schinner, F. & Sonnleitner R., 1996. Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 384 p.
- Seitz P., 1985. Folien und Vliese für den Gartenbau. Verlag Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, 244 p.
- Rey C., 1997. La culture de la menthe en Suisse. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 29 (3), 177–178.
- Weller S., Green R., Janssen C. & Whitford F., 2000. Mint production and pest management in Indiana. Accès: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/PPP/PPP-103.pdf> [8.3.2016]
- Wichtl M. & Anton R., 2003. Plantes thérapeutiques. Editions Tec & Doc, 692 p.
- Wirth J. & Gölles M., 2010. Le Guide Arbo d'ACW. Entretien du sol. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 42 (1), 44–45.

Summary**Influence of a winter cover on the yield and quality of mint**

In organic farming, weed management is a key factor of productivity and profitability. Since ten years, some Swiss mint producers shelter their crops with polypropylene (PP) groundcover during the winter. To assess the impact of this innovative technique, four covered and uncovered mint fields were monitored during winter 2012–2013. In these tests, PP mulching significantly promoted dry matter production of the first annual harvest of four mint clones (+5–12 kg/a depending on the clones). The inhibitory effect on the weed flora was convincing. In covered plots, time for manual weeding was reduced by 4.4 h/a. The protective and positive action of PP mulching for the soil was highlighted. Soil porosity, microbial biomass and nitrogen mineralization were notably improved. In Conthey, during winter 2014–2015, the action of the PP cover on the temperature at the soil and roots level was also studied. The amplitude of the temperature fluctuations has been severely limited, as well as the number of days of cold. In contrast, the average temperature was only slightly higher (+0.3 °C). The appropriate date to uncover the fields in spring remains controversial. The experience combined to an approach based on fruit trees phenology could help to refine the practical recommendations.

Key word: *Mentha*, PP woven ground cover, weed management, yield, profitability.

Zusammenfassung**Einfluss einer Kulturabdeckung während des Winters auf den Ertrag und die Qualität der Minze**

Im biologischen Landbau ist die Bekämpfung von Unkräutern ein entscheidende Faktor für die Produktivität und die Rentabilität von Medizinal- und Aromapflanzen. Seit knapp zehn Jahren decken Schweizer Minzeproduzenten ihre Kulturen zu diesem Zweck während des Winters mit Bändchengewebe aus Polypropylen (PP) ab. Um diese Technik zu bewerten, wurde die Entwicklung von abgedeckten und nicht abgedeckten Minzefeldern während des Winters 2012–2013 analysiert worden. Bei diesen Versuchen wurde mit der PP-Abdeckung während des Winters der Ertrag der vier untersuchten Minzklonen im Frühjahr beim ersten Schnitt signifikant erhöht (um 5–12 kg/Are je nach Klon). Gleichzeitig wurde das Wachstum der Unkrautflora gehemmt. In den abgedeckten Parzellen konnte der Aufwand fürs manuelle Jäten um 4,4 Std./Are reduziert werden. Ausserdem verbesserte die PP-Abdeckung die Bodenporosität, die mikrobielle Biomasse und die Stickstoffmineralisierung. In Conthey ist im Winter 2014–2015 auch die Wirkung der PP-Abdeckung auf die Bodentemperatur untersucht worden. Die Amplitude der Temperaturschwankungen sowie die Anzahl Kältetage konnten stark reduziert werden. Die Durchschnittstemperatur lag leicht höher mit +0,3 °C. Die geeignete Periode für die Entfernung der Abdeckung im Frühling bleibt ein kritischer Aspekt und weitere Informationen sind diesbezüglich nötig.

Riassunto**Influenza di una copertura invernale sulla resa e la qualità della menta**

In agricoltura biologica, la gestione delle piante infestanti è un fattore chiave di produttività e di redditività. Da dieci anni, alcuni produttori svizzeri di menta coprono loro colture con un tessuto di polipropilene (PP) durante l'inverno per controllare le erbe infestanti. Per valutare l'impatto di questa tecnica, quattro campi di menta coperti e scoperti sono stati monitorati durante l'inverno 2012–2013. Nelle queste prove, la pacciamatura PP ha notevolmente promosso la produzione di sostanza secca del primo raccolto annuale di quattro cloni di menta (5–12 kg/a secondo i cloni) con un'effetto inibitorio convincente sulla flora infestante. Nelle particelle coperte, il tempo di diserbo manuale è stato ridotto di 4,4 h/a. La pacciamatura PP ha anche avuto un'azione protettiva e positiva notevole sulla porosità del suolo, la biomassa microbica e la mineralizzazione dell'azoto. A Conthey, durante l'inverno 2014–2015, l'azione della copertura PP sulla temperatura al livello del suolo e delle radici è stata anche studiata. L'ampiezza delle fluttuazioni di temperatura è stata fortemente limitata, nonché il numero di giorni di freddo. Al contrario, la temperatura media era solo leggermente superiore (+0,3 °C). La data opportuna per scoprire le colture nella primavera rimane controversa. L'esperienza unita a un approccio basato sulla fenologia degli alberi da frutto dovrebbero permettere d'affinare le raccomandazioni pratiche.

Microsatellite markers reveal common East Alpine–Carpathian gene pool for the arctic–alpine *Rhodiola rosea* (Crassulaceae)

Zsuzsanna György¹ · José F. Vouillamoz² · Mária Höhn³

Received: 24 April 2015 / Accepted: 25 March 2016 / Published online: 16 April 2016
© Springer-Verlag Wien 2016

Abstract *Rhodiola rosea* L. is an arctic–alpine perennial species. Genetic structure and relationships of 16 populations from the high mountains of Europe have been characterized by the use of microsatellite markers. Mean expected heterozygosity (H_e) was 0.73, ranging from 0.51 to 0.74 in the populations studied. The genetic relationships among the populations revealed by both UPGMA and STRUCTURE analysis showed a clear clustering of the five Swiss Alps populations being well separated from all other populations. Next to these—also forming a distinct cluster—the populations from the Pyrenees were located. Another cluster contained the admixed group of individuals from Alpine and Carpathian populations including the Tatras. Norwegian samples were sister to the Alpine–Carpathian group and interestingly, the population from the Italian Dolomites showed a clearly distinct position. AMOVA revealed that the vast majority of the molecular variance was attributed to within-population variability (85 %) while only 11 % was among population variation, and 4 % among region variation. The weak genetic differentiation observed between the Eastern Alpine and Carpathian populations supports the existence of a former

common glacial refugium and a shared history between the two regions.

Keywords Arctic–alpine species · Biogeography · Genetic diversity · Glacial refugium · Microsatellites · Roseroot

Introduction

Rhodiola rosea L., (fam. Crassulaceae) commonly known as golden root or roseroot, is an insect-pollinated dioecious, perennial arctic–alpine species that has traditionally been used as an adaptogen plant in folk medicine in Scandinavia, Eastern Europe and Asia due to the immune-stimulant secondary metabolites that are produced in the rhizomes (Brown et al. 2002; Panossian et al. 2010). By the end of the twentieth century a number of *R. rosea*-based products became available on the market but raw material of these products is coming mainly from the collection of Asian wild populations. *R. rosea* populations are distributed also in Europe from Iceland to the British Isles, along the European Alpine System (EAS, the biogeographic region covering Pyrenees, Alps, Carpathians and Northern Balkans) and Scandinavia (Hegi 1963). As a cold-adapted heliophyte, the species occupies a narrow range of alpine habitats within the high mountain ecosystems. Climate warming has a strong impact on these ecosystems and may cause loss of suitable habitats and population extinctions (Gottfried et al. 1999). Therefore, populations are at greater risk because of range shifts, regional extinctions and habitat fragmentation that may cause decreased genetic diversity (Ronikier 2011). Accordingly, in some European countries like Czech Republic, Poland and Ukraine *R. rosea* has been included in the red lists of endangered plant species.

Handling editor: Andreas Tribsch.

✉ Zsuzsanna György
gyorgy.zsuzsanna@kertk.szie.hu

¹ Department of Genetics and Plant Breeding, Szent István Egyetem, Budapest, Hungary

² Agroscope, Institute for Plant Production Sciences IPS, 1964 Conthey, Switzerland

³ Department of Botany, Szent István Egyetem, Budapest, Hungary

Arctic–alpine species often have a restricted alpine distribution and a larger range in the north beside their restricted alpine distribution, where they could have expanded and colonized new habitats following the retreat of the Northern ice sheet. However, colonization and possible founder events towards the north have shaped species' genetic structure, thus the present evolutionary and adaptation potential of the species is determined by the postglacial colonization history and strongly depends on the genetic background preserved within the former glacial refugia (Alsos et al. 2009). Recent studies have revealed different phylogeographic patterns for arctic–alpine species and have illustrated the roles of the European glacial refugia in the colonization history. *Dryas octopetala*, one of the most important components of the Arctic Tundra, has high genetic diversity in its northern range by colonizing the northern European regions from two major glacial refugia situated south and east of the North European ice sheets: the southern lineage had expanded towards Northwestern Europe and East Greenland, the eastern lineage had expanded towards Northwest Russia, the Tatra mountains and the arctic archipelago of Svalbard (Skrede et al. 2006). Conversely, a highly complex biogeographic pattern and postglacial history was reported for *Saxifraga oppositifolia* (Abbott et al. 2000; Holderegger et al. 2002; Winkler et al. 2012), a widespread long-lived perennial, distributed in the arctic region and the European Alpine System (EAS). The studies revealed that the multiple colonization routes and mass immigration into former glacial refugia or towards the new habitats after the retreat of the ice sheet resulted in a shallow genetic structuring within the European range of the species, and did not provide strong evidence for alpine glacial refugia, there.

Along with other arctic–alpine species like *D. octopetala* and *S. oppositifolia*, *R. rosea* is a plausible candidate to represent a typical arctic–alpine species that could have colonize new habitats after the retreat of the Northern ice sheet following the last glaciation. Assessing intraspecific variation, distribution of lineages and population genetic diversity within the EAS may allow to evaluate the preserved gene stock and the adaptive and survival potential of the species (Ronikier 2011).

From a genetic point of view, only a few studies have been carried out so far with *R. rosea*. In Trentino (northern Italy), a significant deviation from Hardy–Weinberg equilibrium was detected between two populations by Zini et al. (2009) who have developed eight microsatellite (SSR) primers specific to *R. rosea*. A study of Scandinavian populations (Sweden, Greenland and the Faroe Islands) using four microsatellites (SSR) and four inter simple sequence repeats (ISSR) primers have shown low within- and among-population genetic diversity, with *Nei's* gene diversity ranging from 0.181 to 0.285 (Kylin 2010).

Based on amplified fragment length polymorphism (AFLP) results in Norway, intrapopulation variability of *R. rosea* proved to be much higher than the inter-population variability, thus indicating a high level of gene flow between populations that might be a result of long-distance seed dispersal rather than cross-pollination (Elameen et al. 2008). In Russia, on the contrary, a low level of genetic variation was detected within the populations with ISSR and SSR markers (György et al. 2012), but it should be stressed that the number of individuals studied as well as the number of markers involved were probably too low, as is also the case in the study performed by Kylin (2010). In Switzerland, the vast majority of molecular variation was found within the populations (98 % of the total variance), while only 2 % was observed among populations by the analysis of 12 SSR for five roseroot populations (György et al. 2014).

By the use of microsatellite markers, we aimed at analysing population genetic structure and the relationships of the *R. rosea* populations from the high mountains of Europe (Alps, Carpathians and Pyrenees) by including also a North Scandinavian population sample representing the northernmost distribution of the species in Europe. By delimiting groups of populations and genetic lineages we also aimed at evaluating, the extent of the genetic divergence between the populations of the two major high mountain ranges: the Alps and the Carpathians.

Materials and methods

Sampling material

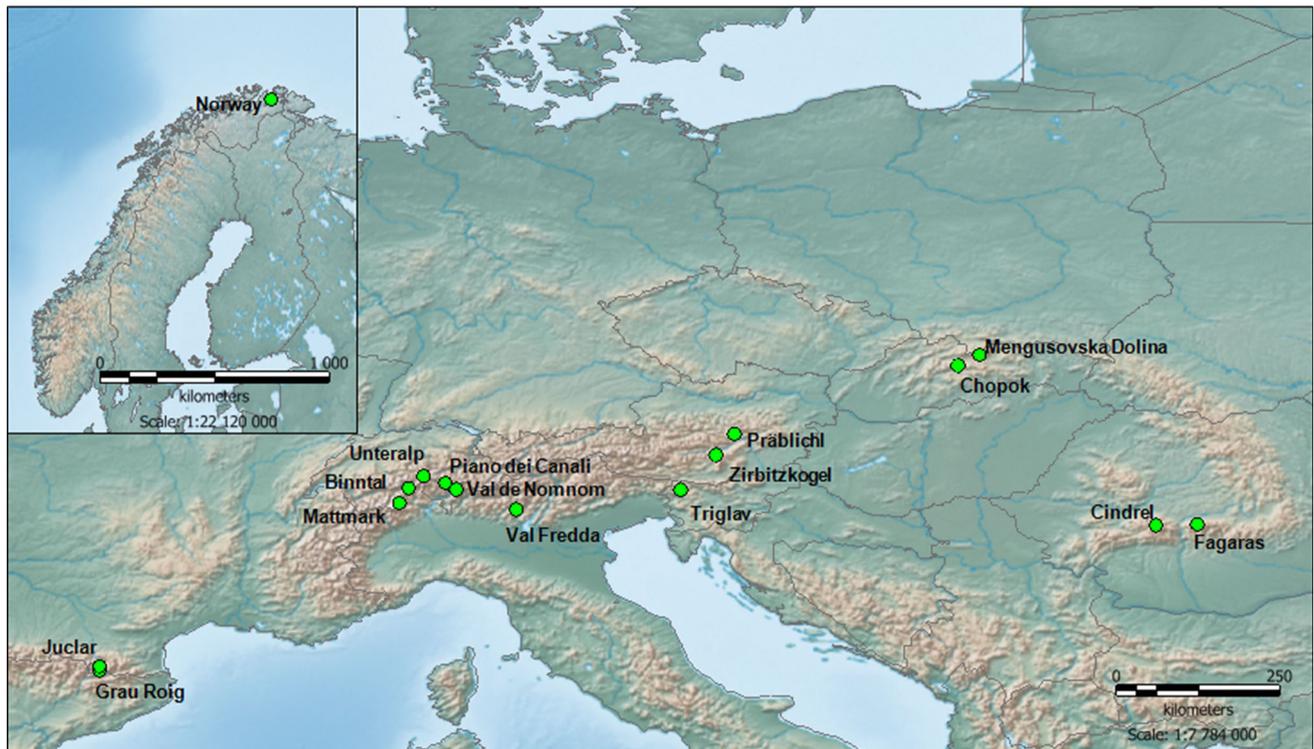
Leaves of 266 individuals of *R. rosea* were collected in sixteen sites from the high mountains of Europe (Alps, Carpathians and Pyrenees) and from North Scandinavia (Table 1; Fig. 1). Rhizome cuttings were also collected at some sites (Mattmark, Prächichl) and were planted in our gene bank collection as voucher specimens. Leaves were frozen in liquid nitrogen and stored at -80°C . DNA was extracted with SP Plant Mini Kit (Omega, VWR International Kft, Budapest). DNA concentration and quality was assessed using NanoDrop (BioScience, Hungary) and visually checked on 1 % agarose gel.

PCR amplification of SSR fragments

The primers used for the DNA amplification were described for roseroot by Zini et al. (2009) (RRC10, RRD6, RRE2, RRF3) and by You et al. (2013) (Rs8, Rs11). Although both publications contain additional markers, our recent work has indicated that these six markers were the most reliable and informative (György et al. 2014). The

Table 1 Population sites of *Rhodiola rosea* from west to east, and number of individuals analysed in the present study

Region	Site	GPS	No. of individuals
Pyrenees	Grau Roig, Andorra	42°31'26.81"N, 01°41'19.92"E	9
	Juclar, Andorra	42°35'54.11"N, 01°41'57.16"E	4
Alps	Mattmark, Switzerland	46°02'50.17"N, 07°57'53.75"E	16
	Binntal, Switzerland	46°21'15.90"N, 08°08'53.79"E	16
	Unteralp, Switzerland	46°36'13.73"N, 08°28'3.56"E	10
	Piano dei Canali, Switzerland	46°28'07.62"N, 08°55'4.01"E	16
	Val de Nomnom, Switzerland	46°20'34.03"N, 09°07'36.07"E	16
	Val Fredda, Italy	45°55'23.20"N, 10°23'51.04"E	20
	Triglav, Slovenia	46°19'6.87"N, 13°50'32.85"E	20
	Zirbitzkogel, Austria	47°03'46.01"N, 14°33'57.62"E	17
	Präblichl, Austria	47°30'58.79"N, 14°56'53.77"E	28
Carpathians	Chopok, Slovakia	48°56'43.27"N, 19°36'45.70"E	21
	Mengusovska Dolina, Slovakia	49°10'28.23"N, 20°03'27.24"E	27
	Cindrel, Romania	45°34'32.58"N, 23°45'48.10"E	11
	Fagaras, Romania	45°36'06.09"N, 24°36'59.33"E	11
Scandinavia	Northern Norway	70°35'56.19"N, 27°02'37.02"E	24

**Fig. 1** Locations of the studied roseroot populations in Europe. From west to east: Grau Roig and Juclar in the Pyrenees; Mattmark, Binntal, Unteralp, Piano dei Canali, Val de Nomnom, Val Fredda,

Zirbitzkogel, Triglav and Präblichl in the Alps; Chopok, Mengusovska Dolina, Cindrel, Fagaras in the Carpathians; and one population of Northern Norway

forward primers were fluorescently labelled with 6-FAM. PCR was performed in a 25 µl reaction volume containing 20–80 ng DNA, 10X PCR buffer, 2.5 mM MgCl₂, 0.02 mM dNTP mix, 2.5 µmol of each 5' and 3' end primers, 1 unit of Taq DNA polymerase (Fermentas, Szeged,

Hungary) and sterile distilled water. PCR was carried out in a PTC 200 thermocycler (MJ Research, Budapest, Hungary) as described by Zini et al. (2009) and You et al. (2013). The PCR products were loaded on a 1 % (w/v) ethidium bromide-stained agarose gel in 1xTBE buffer

with xylocyanol loading buffer to verify the amplification. The amplified SSR fragments were run on an automated sequencer ABI PRISM 3100 genetic analyzer (Applied Biosystems, Budapest, Hungary). Band scoring was performed using Peak Scanner software 1.0 (Applied Biosystems 2006), manually.

Data analysis

Nei's index of genetic diversity (Nei 1978), expected (H_e) and observed (H_o) heterozygosity, as well as Shannon's index (I) for co-dominant data were calculated using Popgene version 1.32 (Yeh et al. 1997). UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean) clustering was applied to infer genetic relatedness. The allelic SSR matrix was used for the analysis of molecular variance (AMOVA) as implemented in Genalex 6.5 (Peakall and Smouse 2012) and the partition of the genetic variation within and among the populations was estimated. The significance of the variance components was determined with a permutation test (999 replicates).

STRUCTURE 2.3.4 program (Pritchard et al. 2000) was used to perform a non-hierarchical Bayesian clustering with an admixture model and correlated allele frequencies (Hubisz et al. 2009). The numbers of K tested increased from 2 to 15 with 10^6 Markov chain Monte Carlo repetitions after 5×10^5 burn-in period, using a pre-defined constructed computer cluster for each K value. Runs were repeated 15 times for each K , and the number of K best fitting the data was inferred with STRUCTURE HARVESTER (Earl and von Holdt 2012) and also checked by a Wilcoxon rank sum test performed by R version 3.1.2.

Results

Amplification was successful with all six SSR markers. The number of alleles per locus ranged from 9 (RRC10 and RRF3) to 17 (RRE2). The six primer pairs produced a total of 68 alleles within the expected range based on published data (Zini et al. 2009; You et al. 2013; György et al. 2014), from 121 bp (RRF3) to 307 bp (Rs11).

Genetic diversity parameters are given in Table 2. Mean observed heterozygosity (H_o) was 0.78, ranging from 0.60 in Mengusovska Dolina in Slovakia (Western Carpathians) to 0.97 in Norway. Over all populations, the expected heterozygosity (H_e) was 0.73, while this value varied from 0.51 in Unteralp in Switzerland (Alps) to 0.74 in Cindrel Mts. in Romania (Southern Carpathians). The lowest values of Nei's index and Shannon's informative index were in the population from Unteralp in Switzerland in the Alps (0.48 and 0.73, respectively), while the highest values were registered in the Cindrel population (0.70 and 1.39,

Table 2 Genetic parameters for 16 populations of *Rhodiola rosea* (ordered from west to east) based on six SSR markers

Habitat	Av. H_o	Av. H_e	Av. Nei	Av. Het	Av. I
Grau Roig	0.72	0.57	0.54	0.35	0.97
Juclar	0.83	0.58	0.51	0.42	0.79
Mattmark	0.75	0.54	0.52	0.37	0.93
Binntal	0.75	0.61	0.59	0.59	1.06
Unteralp	0.73	0.51	0.48	0.48	0.73
Piano dei Canali	0.84	0.63	0.61	0.61	1.05
Val de Nomnom	0.80	0.57	0.55	0.55	0.99
Val Fredda	0.66	0.53	0.51	0.28	0.87
Triglav	0.75	0.66	0.65	0.34	1.31
Zirbitzkogel	0.79	0.59	0.57	0.57	0.93
Präbichl	0.82	0.65	0.64	0.41	1.27
Chopok	0.75	0.61	0.60	0.38	1.15
Mengusovska Dolina	0.60	0.63	0.62	0.26	1.23
Cindrel	0.91	0.74	0.70	0.40	1.39
Fagaras	0.79	0.71	0.68	0.39	1.36
Norway	0.97	0.63	0.61	0.61	1.07
All populations	0.78	0.73	0.73	0.59	1.62

av. H_o = average observed heterozygosity, av. H_e = average expected heterozygosity, av. Nei = average Nei's index of genetic diversity, av. Het = average heterozygosity, av. I = average Shannon's Information Index

respectively). Over all populations, the mean values of Nei's genetic diversity of 0.73 and of the Shannon index of 1.62 indicate a higher diversity at the species level than within the populations.

Genetic relationships among the populations based on unrooted UPGMA are illustrated in Fig. 2. The five Swiss Alpine populations (which are actually located close to each other geographically) are clearly separated forming a distinct cluster as well as the two populations from the Pyrenees. Populations of the Eastern Alps (Austria and Slovenia) and the Carpathians are positioned on the dendrogram close to each other with some additional substructure including the East Austrian (Zirbitzkogel, Präbichl), Slovenian (Triglav) and the Northern Carpathians populations, i.e. the Tatras (Mengusova dolina, Chopok). Additional distinct groups are represented by single populations: Cindrel, Fagaras from the Southern Carpathians and Val Fredda from Italian Dolomites. Norwegian samples are sisters to the Alpine–Carpathian group of populations.

The AMOVA (Table 3) of the sixteen populations showed that the most of molecular variation was found within the populations (85 % of total variance), while only 11 % was observed among the populations, and only 4 % among regions (the four regions were: the Pyrenees, the Alps, the Carpathians and Norway). When the populations

Fig. 2 Unrooted network (UPGMA) of the 16 roseroot populations based on Nei's (1978) genetic distance using six SSR markers

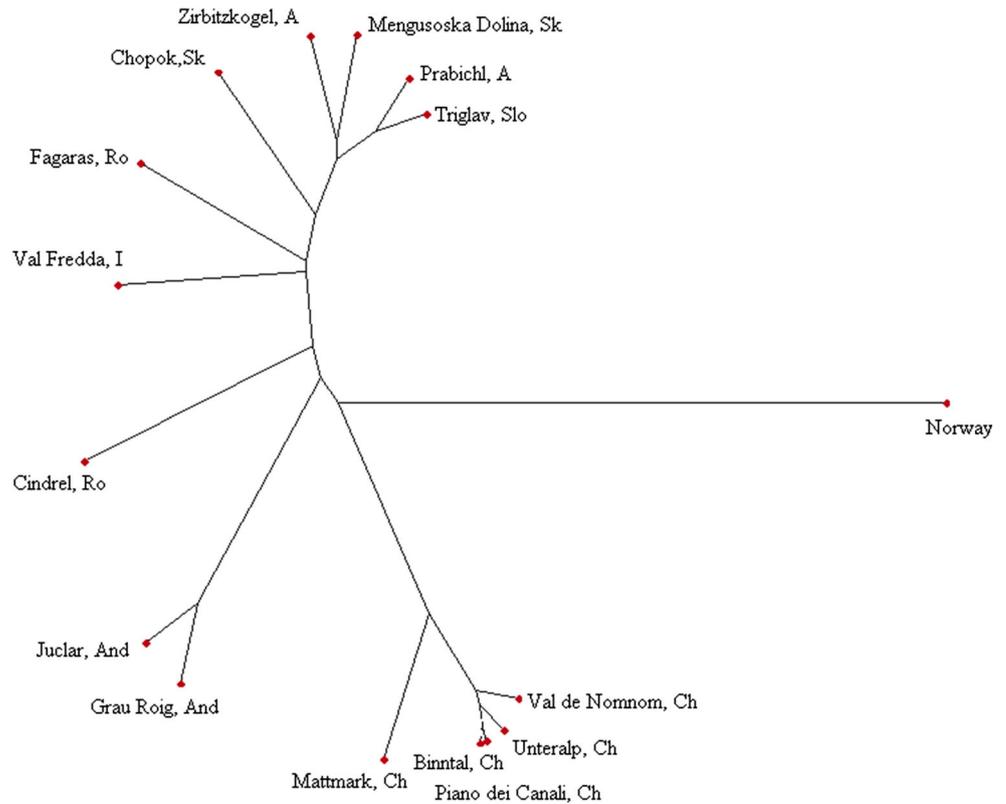


Table 3 Percentiles of molecular variance grouping the studied individuals into A; 4 groups according to their geographical origin (Pyrenees, Alps, Carpathians, Norway), B; 2 groups (Southern populations including the EAS and Northern population from Scandinavia), C (subset); 2 groups (populations from the Alps and from the Carpathians)

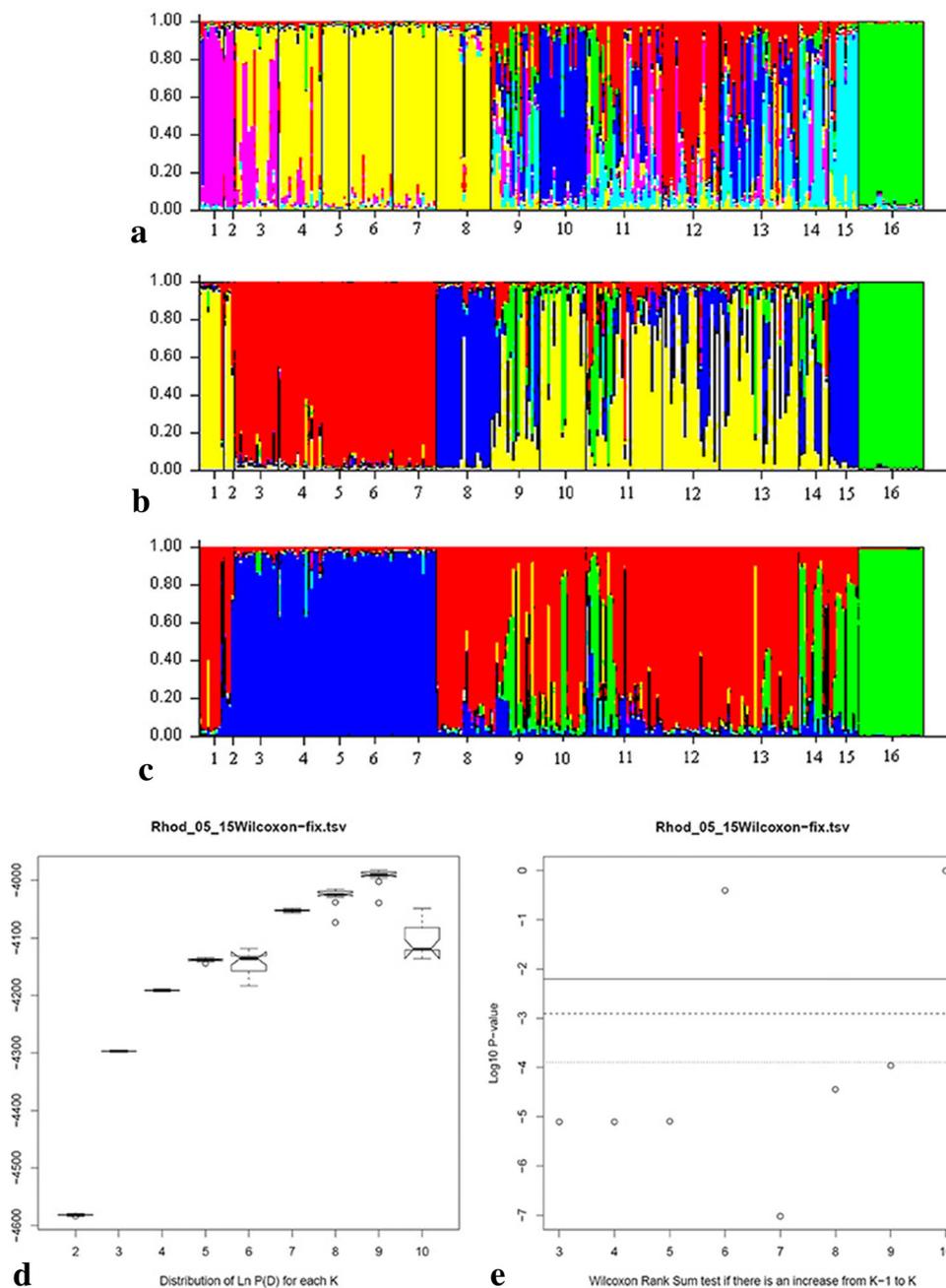
	Among regions (%)	Among populations (%)	Within populations (%)
A: Four regions (the Pyrenees, the Alps, the Carpathians and Norway)	4	11	85
B: Two regions (North and South)	15	10	75
C: Two regions (the Alps and the Carpathians)	0	12	88

were assigned to only two groups (Southern: Pyrenees, Alps, Carpathians and Northern: Norway) still 75 % of molecular variation was found within the populations, 10 % was observed among the populations and 15 % among the regions. When analysing only the populations from the Alps and from the Carpathians 88 % of molecular variation was found within the populations, and the rest 12 % was found among the populations leaving 0 % among these two regions.

A complex population structure was obtained by the STRUCTURE analysis that identified seven groups as the most probable number of genetic clusters along the studied populations (Fig. 3). By visual inspection of the graph showing Wilcoxon rank sum significance test (Fig. 3d, e) $K = 7$ was the most informative and significant assignment of populations (illustrated by seven colours in Fig. 3a:

pink—Grau Roig and Juclar populations representing the Pyrenees, yellow—Mattmar, Unteralp, Binntal, Piano dei Canali, Val de Nomnom, orange—Val Fredda, dark blue—Zirbitzkogel, red—Chopok, light blue—Cindrel and Fagaras, green—Norway; Triglav, Präbichl and Mengusovska Dolina show a high level of admixture). Even though $K = 4$ (Fig. 3b) seems to show the same recognizable structure as for $K = 7$, strong indication was given by the significance test for the higher number of groups (Fig. 3a, b). As well STRUCTURE Harvester shows for deltaK the highest peak in $K = 3$ (Fig. 3c), but the probability test was only significant for higher K values. Accordingly when $K = 7$, the population from Norway (16) turned out to be genetically the most isolated, but interestingly some individuals (of the same colour) were also scarcely present in Triglav, Slovenia (9) and Präbichl,

Fig. 3 Genetic structuring of the studied populations: 1 Grau Roig, 2 Juclar, 3 Mattmark, 4 Binnental, 5 Unteralp, 6 Piano dei Canali, 7 Val de Nomnom, 8 Val Fredda, 9 Triglav, 10 Zirbitzkogel, 11 Präbichl, 12 Chopok, 13 Mengusovska Dolina, 14 Cindrel, 15 Fagaras, 16 Norway. Each individual is represented by a *thin vertical line* that is partitioned into *coloured segments* which represent the estimated cluster membership fractions in the K clusters. **a** $K = 7$; **b** $K = 4$; **c** $K = 3$; **d** *Box Plot* with the distribution of $\text{Ln } P(D)$ for each K if K increases from $K = 1$ to 10 and the $\text{Log}_{10} P$ values; **e** Wilcoxon Rank sum test if there is an increase from $K = 1$ to 10



Austria (11). Strikingly enough, the population of Val Fredda (8) in the Italian Dolomitic Alps also appeared to be genetically differentiated, although this pattern was not detectable in case of $K = 3$ only starting from $K = 4$. The five Swiss Alpine populations (3, 4, 5, 6, 7) formed altogether a distinct cluster with the exception of Mattmark (3) (when $K = 4, 5, 6$ or 7) that unexpectedly shared some genetic variation with the populations from the Pyrenees

(1, 2). Cindrel and Fagaras (14, 15) from Romania, the Pyrenees (1, 2), Chopok (12) in Slovakia, Zirbitzkogel (10) in Austria represented predominantly different clusters. Other populations showed admixed fractions of clusters' memberships (Triglav 9, Prablich 11, Mengusova Dolina 14) and could not be correlated to any geographic pattern. PCoA analysis also performed mostly supported our STRUCTURE results (data not shown).

Discussion

Genetic diversity within populations

The genetic diversity pattern revealed by the present study of the arctic–alpine perennial *R. rosea* reflects the preservation of a large gene pool along the southern distribution range of the species. The high observed heterozygosity values reflect extensive outbreeding within populations. Although isolation by distance might have shaped the population genetic structure within the EAS still 85 % of the total species' genetic variation was maintained within populations and only moderate 11 % among population variation. However, as *R. rosea* usually inhabits steep rocky slopes and rock cracks of alpine and subalpine ecosystems within a narrow altitudinal belt, the high intrapopulation genetic diversity preserved suggests that populations possess efficient mechanisms to ensure the high population genetic diversity over a long period of time. This phenomenon was also reported in earlier molecular studies conducted on other high mountain perennial species (Tiel-Egenter et al. 2009). The population from northern Norway shows similar genetic indices to those from the EAS suggesting an efficient colonization process for the species towards the North after the retreat of the glacial ice sheet. However, the distinctive position within the STRUCTURE of the Norwegian samples from those of the EAS suggests that colonization towards the northern territories might have happened from multiple directions.

The number of alleles per locus in the present study was higher compared to Zini et al. (2009) and Kylin (2010), which can be related to the much larger sampling area. With regards to the inter- and intrapopulation variability similar results were found by Lei et al. (2006) when studying the genetic diversity of *R. crenulata*, a far-East relative of *R. rosea*. Shannon diversity index (I) of four geographically distant populations from the Hengduan Mountain region in China showed that the genetic diversity within and between the populations of *R. crenulata* was very similar, just as we found in case of *R. rosea*. AMOVA showed that the variance within populations was higher (52.6 %) than among populations (25.36 % within locations and 22.02 % between locations). However, as genetic diversity is species specific, comparison across species have to be interpreted with much caution (Tiel-Egenter et al. 2009). Another study by Kozyrenko et al. (2011) on the genetic diversity of *R. rosea* in Russia performed over a wide sampling range has shown low diversity at the population level, while high genetic variation was observed at the species level. AMOVA revealed that the majority of the genetic variation was within populations (65.4 %), and the

variance among populations was only 34.6 %. Our sampling area along the European distribution of the species was much smaller, which can explain the obtained 85 % of genetic variation within populations compared to the 65.4 % (Kozyrenko et al. 2011).

Spatial patterns and population groups

Unrooted UPGMA dendrogram revealed a close relationship among the East Alpine and Carpathian populations with a substructure within the Austrian–Slovenian and the Tatra populations. This East Alpine Carpathian group is distant from the populations of the Swiss Alps and the Pyrenees. The complex pattern showed by the dendrogram with evidence of population admixture within the Eastern Alps and Carpathians may reflect the existence of earlier multiple refugia. Additional sampling would probably strengthen this statement.

Increasing *K* values, based on STRUCTURE analysis reinforced the existence of an admixture of clusters for populations from the Eastern Alps (Slovenia, Austria) and the Romanian populations. However, the latter showed an admixed fraction of clusters' membership without clear phylogeographical structure. This could represent a local vertical migration rather than extinction and recolonization over long distance, as reported by Puscas et al. (2008) for *Carex curvula*, a species growing with *R. rosea*. During Würm glaciation, the Carpathians were only locally glaciated and the snow line was estimated at 1700–1800 m altitude. Below this, there were suitable habitats on silicious substrates for alpine plants during the glaciations (Puscas et al. 2008). Palynological records also confirmed the existence of large refugia for trees and above for grassland communities (Feurdean et al. 2007). Probably Carpathian species did not experience regional extinctions as in the Central Alps, but on the contrary they may have occupied larger areas than today with an intensified gene flow forming a large gene pool among formerly distant populations. At the end of the glaciation a local vertical movement of alpine species might result in the colonization of the higher elevations of the Carpathians. Similar mechanisms were also proposed for other alpine plants locally in the Eastern Alps (Tribisch and Schönschwetter 2003). The low degree of substructuring between the Alps and the Carpathians was also reported in *Pinus cembra*, glacial relict tree species growing on the timberline ecotones of the Alps and the Carpathians (Höhn et al. 2009).

In the Central Alps, at the highest ranges, habitats were not available during the full glacial because of the permanent snow cover, thus alpine species were restricted to nunataks or to peripheral refugia (Stehlik 2003). Moreover, cold-resistant species could have enlarged their

distribution and colonized lower elevations which allowed gene exchange even between isolated mountain areas (Schönswetter et al. 2005). The absence of a clear phylogeographic signal between the Eastern Alps and the Carpathian populations and the low differentiation observed suggest a historical relationship between the two regions that might be the result of postglacial immigration from lower elevations of intervening territories that linked Eastern Alps (Schönswetter et al. 2005) and the Carpathians. This might reinforce also the role of the Carpathians in the migration and distribution history of high mountain plants as suggested by Ronikier (2011). The Northeastern Alpine and Carpathian–Tatra historical link was evidenced also in the case of *Pritzelago alpina*, a scree inhabiting alpine species (Kropf et al. 2003).

When considering each K value ranging from 4 to 10 and specially $K = 7$ as the most probable number of clusters in the STRUCTURE analysis, the Val Fredda (Fig. 3a) population from the Dolomites is assigned to a quite unique cluster. This can be interpreted as being a genetically more isolated stand probably originating from a different glacial refugium of the species from where it has not expanded postglacially. Indeed, based on phylogeographic patterns of other high mountain species (Schönswetter et al. 2005) as well as given the high rate of endemism, the Dolomites have been reported earlier as one of the most important regions preserving glacial refugium for (arctic–)alpine species in the Southern Alps (Tribisch and Schönswetter 2003). Ronikier et al. (2008) also reported the Dolomites as one of the glacial refugia for *Pulsatilla vernalis*. Accordingly, the distinct pattern of the Val Fredda population deserves attention and might indicate an independent refugial gene pool and/or special postglacial population history.

The Mattmark population from the Swiss Alpine group shares some genetic fractions with the Pyrenees populations (Fig. 3). This might represent an ancestral link between the two mountainous regions, the Alps and the Pyrenees, as also suggested by Ozenda (2009), or Kropf et al. (2006). Latter authors interpreted the Alpine, Pyrenean and the Spanish Sierra Nevada populations of perennial species, *Kernera saxatilis*, and *Gentiana alpina* as vicariant relicts that were widely distributed in the intervening lowlands between the Pyrenees, the Western Alps and the Sierra Nevada during the cold ages of the Late Pleistocene.

Alternatively, the genetic link between Mattmark population and those from the Pyrenees might indicate successful founder event from the Alps towards the Pyrenees. Evidence for long-distance dispersal from the Western Alps to the Pyrenees was reported in case of *Phyteuma globulariifolium* by Schönswetter et al. (2005). However, studying further populations of *R. rosea* from the Western Alps might reinforce this finding.

As expected and substantiated in both the UPGMA dendrogram and the STRUCTURE analysis, the population from northern Norway turned out to be genetically much isolated. According to the genetic structure revealed by the SSRs no clear evidence was found for possible colonization routes towards the north from the EAS. This might suggest that the Northern regions were colonized most probably from multiple directions not only from a Southern refugia, but from an Eastern and Southwestern refugia as it was evidenced in case of *D. octopetala* (Skrede et al. 2006) or *S. oppositifolia* (Winkler et al. 2012). The eastern Alps might be a possible source region according to the STRUCTURE analysis as the Slovenian and Austrian populations are sharing some genetic material with the Norwegian samples.

However, Kozyrenko et al. (2011), while mentioning multiple relations among the different species of *Rhodiola*, emphasized also the origin of *R. rosea* being Southern Siberia from where further spread towards the Arctic was possible along at least two corridors including the Ural Mts. and Eastern Siberia. Accordingly, Scandinavian populations might have also an eastern origin. As well, a study by Gontcharova et al. (2009) reports different seed coat surface morphology for the European *R. rosea* populations, compared to those of an Asian population. As our sampling did not include seed collection this important morphological trait could not be verified for the Norwegian samples. However, a single population analysed from the arctic region does not allow us to compare diversity pattern of these two parts of the distribution range.

Considering the effect of the climate change on ecosystem diversity and functioning along the high mountains, the most likely scenarios involve loss of suitable habitats, acceleration of species' extinctions and decrease in the genetic diversity of alpine species (Alsos et al. 2009; Ronikier 2011). Due to the higher genetic diversity preserved by the European populations, the studied *R. rosea* seems to be one of the best candidates among perennial species of the high elevations to survive. However, irrespective of its high genetic variability, the consequences of climate changes (e.g. warming and aridification), furthermore, the threat of over-harvesting of this highly valued medicinal plant may put these important southern populations at a higher risk.

Acknowledgments This study was financed by the Hungarian Scientific Research Fund (OTKA 83728) and the National Development Agency (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 and TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023). Zsuzsanna György is grateful for the Award for Research Excellence of Corvinus University of Budapest and the János Bolyai Research Scholarship of the Hungarian Academy of Sciences.

Conflict of interest There is no conflict of interests.

References

- Abbott RJ, Smith LC, Milne RI, Crawford RMM, Wolff K, Balfour J (2000) Molecular analysis of plant migration and refugia in the Arctic. *Science* 289:1343–1346. doi:10.1126/science.289.5483.1343
- Alsos IG, Alm T, Normand S, Brochmann C (2009) Past and future range shifts and loss of diversity in dwarf willow (*Salix herbacea* L.) inferred from genetics, fossils and modelling. *Global Ecol Biogeogr* 18:223–239. doi:10.1111/j.1466-8238.2008.00439.x
- Brown RP, Gerbarg PL, Ramazanov Z (2002) *Rhodiola rosea*, a phytomedicinal overview. *HerbalGram* 56:40–52
- Earl DA, von Holdt BM (2012) STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conservation Genet Resources* 4:359–361. doi:10.1007/s12686-011-9548-7
- Elameen A, Klemsdal SS, Dragland S, Fjellheim S, Rognli OA (2008) Genetic diversity in a germplasm collection of roseroot (*Rhodiola rosea*) in Norway studied by AFLP. *Biochem Syst Ecol* 36:706–715. doi:10.1016/j.bse.2008.07.009
- Feurdean A, Wohlfarth B, Björkman L, Björkman C, Tantau I, Bennike E, Willis JA, Farcas S, Robertsson AM (2007) The influence of refugial population on Lateglacial and early Holocene vegetational changes in Romania. *Rev Paleobot Palynol* 145:305–320. doi:10.1016/j.revpalbo.2006.12.004
- Gontcharova SB, Gontcharov AA, Yakubov VV, Kondo K (2009) Seed surface morphology in some representatives of the genus *Rhodiola* sect. *Rhodiola* (Crassulaceae) in the Russian Far East. *Flora* 204:17–24. doi:10.1016/j.flora.2008.01.009
- Gottfried M, Pauli H, Reiter K, Grabherr G (1999) A fine-scaled predictive model for changes in species distribution patterns of high mountain plants induced by climate warming. *Diversity Distrib* 5:241–251. doi:10.1046/j.1472-4642.1999.00058.x
- György Z, Szabó M, Bacharov D, Pedryc A (2012) Genetic diversity within and among populations of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) based on molecular markers. *Not Bot Horti Agrobi* 40:266–273
- György Z, Vouillamoz JF, Ladányi M, Pedryc A (2014) Genetic survey of *Rhodiola rosea* L. populations from the Swiss Alps based on SSR markers. *Biochem Syst Ecol* 54:137–143. doi:10.1016/j.bse.2014.01.012
- Hegi G (1963) *Rhodiola*. *Rosenwurz*. In: Hegi G (ed) *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Zweite völlig neubearbeitete Auflage, Band IV/2, Lieferung 2/3. Paul Parey, Hamburg, Berlin, pp 99–102
- Höhn M, Gugerli F, Abran P, Bisztray G, Buonamici A, Cseke K, Hufnagel L, Quintela-Sabarís C, Sebastiani F, Vendramin GG (2009) Variation in the chloroplast DNA of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) reflects contrasting post-glacial history of populations from the Carpathians and the Alps. *J Biogeogr* 36(9):1798–1806. doi:10.1111/j.1365-2699.2009.02122.x
- Holderegger R, Stehlik I, Abbott RJ (2002) Molecular analysis of the Pleistocene history of *Saxifraga oppositifolia* in the Alps. *Molec Ecol* 11:1409–1418. doi:10.1046/j.1365-294X.2002.01548.x
- Hubisz MJ, Falush D, Stephens M, Pritchard JK (2009) Inferring weak population structure with the assistance of sample group information. *Molec Ecol Resources* 9:1322–1332. doi:10.1111/j.1755-0998.2009.02591.x
- Kozyrenko M, Gontcharova SB, Gontcharov AA (2011) Analysis of the genetic structure of *Rhodiola rosea* (Crassulaceae) using inter-simple sequence repeat (ISSR) polymorphisms. *Flora* 206:691–696. doi:10.1016/j.flora.2010.12.002
- Kropf M, Kadereit JW, Comes HP (2003) Differential cycles of range contraction and expansion in European high mountain plants during the Late Quaternary: insights from *Pritzelago alpina* (L.) O. Kuntze (Brassicaceae). *Molec Ecol* 12:931–949. doi:10.1046/j.1365-294X.2003.01781.x
- Kropf M, Comes HP, Kadereit JW (2006) Long-distance dispersal vs vicariance: the origin and genetic diversity of alpine plants in the Spanish Sierra Nevada. *New Phytol* 172:169–184. doi:10.1111/j.1469-8137.2006.01795.x
- Kylin M (2010) Genetic diversity of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) from Sweden, Greenland and Faroe islands. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences (Alnarp), Sweden
- Lei Y, Gao H, Tsering T, Shi S, Zhong Y (2006) Determination of genetic variation in *Rhodiola crenulata* from the Hengduan Mountains Region, China using inter-simple sequence repeats. *Genet Molec Biol* 29:339–344. doi:10.1590/S1415-47572006000200023
- Nei M (1978) Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89:583–590
- Ozenda P (2009) On the genesis of the plant population in the Alps: new or critical aspects. *Compt Rend Biol* 332:1092–1103. doi:10.1016/j.crv.2009.09.018
- Panossian A, Wikman G, Sarris J (2010) Rosenroot (*Rhodiola rosea*): traditional use, chemical composition, pharmacology and clinical efficacy. *Phytomedicine* 17:481–493. doi:10.1016/j.phymed.2010.02.002
- Peakall R, Smouse PE (2012) GenAEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research—an update. *Bioinformatics* 28:2537–2539. doi:10.1093/bioinformatics/bts460
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P (2000) Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. *Genetics* 155:945–959
- Puscas M, Choleri P, Tribsch A, Gielly L, Rioux D, Gaudeul M, Taberlet P (2008) Post-glacial history of the dominant alpine sedge *Carex curvula* in the European Alpine System inferred from nuclear and chloroplast markers. *Molec Ecol* 17:2417–2429. doi:10.1111/j.1365-294X.2008.03751.x
- Ronikier M (2011) Biogeography of high-mountain plants in the Carpathians: an emerging phylogeographical perspective. *Taxon* 60:373–389
- Ronikier M, Costa A, Aguilar JF, Feliner GN, Küpfer P, Zbigniew Z (2008) Phylogeography of *Pulsatilla vernalis* (L.) Mill. (Ranunculaceae): chloroplast DNA reveals two evolutionary lineages across central Europe and Scandinavia. *J Biogeogr* 35:1650–1664. doi:10.1111/j.1365-2699.2008.01907.x
- Schönswetter P, Stehlik I, Holderegger R, Tribsch A (2005) Molecular evidence for glacial refugia of mountain plants in the European Alps. *Molec Ecol* 14(11):3547–3555. doi:10.1111/j.1365-294X.2005.02683.x
- Skrede I, Eidesen PB, Portela RP, Brochmann C (2006) Refugia, differentiation and postglacial migration in arctic-alpine Eurasia, exemplified by the mountain avens (*Dryas octopetala* L.). *Molec Ecol* 15:1827–1840. doi:10.1111/j.1365-294X.2006.02908.x
- Stehlik I (2003) Resistance or emigration? Response of alpine plants to the ice ages. *Taxon* 52:499–510. doi:10.2307/3647448
- Tiel-Egenter C, Gugerli F, Alvarez N, Brodbeck S, Cieslak E, Colli L, Englisch T, Gaudeul M, Gielly L, Korbecka G, Negrini R, Pau O, Pellicchia M, Rioux D, Ronikier M, Schönswetter P, Schüpfer F, Taberlet P, Tribsch A, van Loo M, Winkler M, Holderegger R, the IntraBioDiv Cons (2009) Effects of species traits on the genetic diversity of high mountain plants: a multi-species study across the Alps and the Carpathians. *Global Ecol Biogeogr* 18:78–87. doi:10.1111/j.1466-8238.2008.00421.x
- Tribsch A, Schönswetter P (2003) Patterns of endemism and comparative phylogeography confirm palaeo-environmental evidence for Pleistocene refugia in the Eastern Alps. *Taxon* 52:477–497. doi:10.2307/3647447
- Winkler M, Tribsch A, Schneeweiss GM, Bordbeck S, Gugerli F, Holderegger R, Abbotts RJ, Schönswetter P (2012) Tales of the unexpected: phylogeography of the arctic-alpine model plant

- Saxifraga oppositifolia* (Saxifragaceae) revisited. *Molec Ecol* 21:4618–4630. doi:[10.1111/j.1365-294X.2012.05705.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05705.x)
- Yeh FC, Yang RC, Boyle TBJ, Ye ZH, Mao JX (1997) POPGENE, the user-friendly shareware for population genetic analysis. Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta, Edmonton
- You J, Liu W, Zhao Y, Zhu Y, Zhang W, Wang Y, Lu F, Song Z (2013) Microsatellite markers in *Rhodiola* (Crassulaceae), a medicinal herb genus widely used in traditional Chinese medicine. *Appl Pl Sci* 1(3):1200219. doi:[10.3732/apps.1200219](https://doi.org/10.3732/apps.1200219)
- Zini E, Clamer M, Passerotti S, Vender C, Vendramin GG, Komjanc M (2009) Eight novel microsatellite DNA markers in *Rhodiola rosea* L. *Conservation Genet* 10:1397–1399. doi:[10.1007/s10592-008-9704-0](https://doi.org/10.1007/s10592-008-9704-0)

Evaluation agronomique et phytochimique de *Stevia rebaudiana* pour la culture en Suisse

José F. VOUILLAMOZ¹, Evelyn WOLFRAM-SCHILLING², Claude-Alain CARRON¹ et Catherine A. BAROFFIO¹

¹Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

²Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW, 8820 Wädenswil, Suisse

Renseignements: José Vouillamoz, e-mail: jose.vouillamoz@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 481 35 36, www.agroscope.ch



Figure 1 | Culture de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni, une plante édulcorante sans calories, qui montre une belle vigueur à Bruson (1050 m), le 29 septembre 2015, après 89 jours de culture.

Introduction

Originaire du Paraguay et des régions limitrophes du Brésil, *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni (fig. 1) est une plante riche en molécules édulcorantes sans calories, 50 à 400 fois plus sucrées à poids égal que le saccharose (Goyal *et al.* 2011). Les Guarani, un groupe de populations amérindiennes des régions amazoniennes

du Paraguay, du Brésil, d'Argentine et de Bolivie, ont utilisé cette plante (appelée *ka'a he'ê*, «herbe sucrée») dès l'époque précolombienne comme édulcorant, sous forme de feuilles fraîches ou d'infusion. Son nom générique *Stevia* lui vient du médecin espagnol Petrus Jacobus Stevus (1500–1556), qui en a fait la première étude, tandis que l'épithète spécifique *rebaudiana* lui a été donnée en 1899 par le botaniste suisse Moises Santiago

Bertoni, en l'honneur du chimiste paraguayen Rebaudi, qui fut le premier à en extraire les composés sucrants. En 1931, deux chimistes français isolent et baptisent deux glycosides de stéviol responsables du goût sucré de la plante: stévioloside et rebaudioside A, auxquels se sont ajoutés depuis les rebaudiosides B, C, D, E, F, le dulcoside A, le rubusoside et le stéviolbioside.

Dès les années 1970, *Stevia rebaudiana* est cultivé au Japon pour ses glycosides de stéviol, extraits par un procédé industriel mis au point en 1969, comme ersatz de l'aspartame, du cyclamate ou de la saccharine, édulcorants artificiels soupçonnés d'être cancérigènes et interdits au Japon. Ce pays, où des tests de sécurité ont conclu que les glycosides de stéviol sont sans danger pour la santé, consomme aujourd'hui encore 40 % de la production mondiale. En 2008, les glycosides de stéviol sont autorisés aux Etats-Unis par la FDA (Food and Drug Administration), puis en France en 2010 et dans l'Union européenne en 2011. En Suisse, selon l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV), les glycosides de stéviol ont été admis sans restriction comme additifs alimentaires en 2014, ce qui signifie que des produits contenant un tel édulcorant peuvent être mis sur le marché sans autorisation. En outre, la Suisse autorise l'utilisation de 1 à 2 % de feuilles de stévia pour la fabrication de tisanes, ce qui n'est pas le cas dans la législation de l'Union européenne et lui confère donc un avantage dans le marché des tisanes.

Après ces différentes autorisations, les grands groupes de l'agroalimentaire ont mis le grappin sur les extraits de stévia, en vertu de son puissant pouvoir édulcorant et de son innocuité pour le diabète et les caries. Cet engouement récent a conduit à la fabrication de quantités de produits, dont des sodas à base de glycosides de stéviol. Aujourd'hui, la Chine produit 80 % des plantes utilisées pour fournir les extraits de stévia à l'industrie agroalimentaire, tandis que ses pays d'origine (Paraguay et Brésil) n'en écoulent que 8 %, principalement pour la consommation locale en feuilles entières.

La presse internationale a récemment pointé du doigt le cas de la stévia comme exemple typique de biopiraterie (Hall 2015), dérogeant à la Convention de l'ONU (1993) qui prévoit que les populations autochtones doivent donner leur accord avant toute utilisation commerciale de leurs connaissances ethnobotaniques et participer équitablement aux bénéfices qui en découlent. Aujourd'hui, les Guarani poursuivent leur combat pour obtenir des compensations financières des multinationales de l'agroalimentaire qui ont déposé des brevets, pour la plupart des producteurs de sodas basés aux Etats-Unis, un des seuls pays à n'avoir pas ratifié le Protocole de Nagoya sur l'accès aux res-

Résumé

Stevia rebaudiana est une plante édulcorante originaire du Paraguay et du Brésil.

Le potentiel agronomique et la variabilité phytochimique de 21 génotypes ont été étudiés en Suisse afin d'identifier les mieux adaptés à la culture locale. Sur une période de trois ans, les rendements annuels en feuilles sèches ont varié de 10 à 183 g/m², avec 53 à 75 % de feuilles. A une densité de 10 plantes/m², le rendement potentiel en feuilles sèches atteint donc 100 à 200 g/m² en une à trois récoltes annuelles. Les analyses UPLC ont montré une grande variabilité dans la composition phytochimique des glycosides de stéviol, les molécules responsables du pouvoir édulcorant, avec une teneur en stévioloside de 0,3 à 7,9 % et en rebaudioside A de 0,3 à 6,5 %. Après trois ans d'essais, le génotype F (multiplication végétative) est recommandé pour son haut pouvoir sucrant et sa faible amertume, par exemple pour la fabrication de tisanes, de même que les génotypes GAWI (multiplication végétative) et Pharmasaat (multiplication générative) pour leur haut pouvoir sucrant, associé à un arrière-goût de réglisse. La culture de stévia est possible en Suisse, mais sous forme annuelle, alors qu'elle est pérenne dans son lieu d'origine. Par rapport aux rendements nettement supérieurs obtenus en culture pérenne dans les régions tempérées (>700 g/m²), la culture en Suisse doit impérativement générer une plus-value en misant sur l'agriculture biologique.

sources génétiques et le partage équitable des avantages découlant de leur utilisation.

En Suisse, la filière agroalimentaire s'intéresse depuis plusieurs années à la faisabilité de la culture de stévia et à l'obtention de variétés adaptées notamment à la fabrication de tisanes ou de bonbons. Du fait de la teneur élevée en stévioloside dans certaines plantes, la stévia possède une amertume marquée et un arrière-goût de réglisse indésirables pour certains fabricants. Ce travail avait pour but d'évaluer le potentiel agronomique et la variabilité phytochimique de 21 génotypes en Suisse sur trois ans (2013–2015), afin d'identifier les plus intéressants pour la culture locale. Les génotypes les mieux adaptés aux attentes de la filière agro-alimentaire suisse ont été soumis à une évaluation organoleptique (non publiée).



Matériel et méthodes

Matériel végétal

Entre 2013 et 2015, 21 géotypes ont été plantés au printemps à Conthey (480 m d'altitude, alluvions d'origine glaciaire) et Bruson (1050 m d'altitude, plateau morainique) à une densité de 10 plantes/m² (tabl. 1).

En 2013, 18 géotypes ont été plantés le 3 juin à Conthey sans répétition (seules 30 plantes par géotype ont été installées par manque de matériel) et évalués sur deux récoltes (26 août et 18 octobre). En 2014, cinq géotypes ont été plantés le 13 juin à Conthey avec quatre répétitions en blocs randomisés et évalués sur trois récoltes (7 août, 12 septembre et 23 octobre). En 2015, trois géotypes ont été plantés le 2 juillet à

Bruson avec quatre répétitions en blocs randomisés et évalués sur une seule récolte (29 septembre). Le rendement en feuilles sèches et le pourcentage de feuilles ont été mesurés.

Les différences de rendement entre les géotypes ont été soumises à une analyse de variance (Tukey-Test) dans XLSTAT sur les moyennes des récoltes des quatre répétitions pour les données de 2014 et 2015 (pas d'analyse statistique possible en 2013).

Analyse phytochimique

La teneur en glycosides de stéviol (stévioside et rebaudioside A) a été estimée dans les laboratoires de la ZHAW par UPLC (Ultra Performance Liquid Chromatography) basée sur Waters Application Notes WA60128

Tableau 1 | Géotypes de *Stevia rebaudiana* évalués à Conthey (Suisse)

Géotype	Provenance	Multiplication	Années
Pharmasaat	Pharmasaat (D)	Générative	2013-2014-2015
Hem Zaden	Hem Zaden (NL)	Générative	2013
Stepa	Stepa (B) ^c	Générative	2013
Mediplant 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16	Clones Mediplant ^b	Végétative	2013
Mediplant 11	Clone Mediplant ^b	Végétative	2013-2014
GAWI	EUSTAS ^a (D)	Végétative	2014-2015
F	EUSTAS ^a (D)	Végétative	2014-2015
Jelitto	Jelitto (D)	Générative	2014

^aEUSTAS = European Stevia Association, Bonn (D).

^bClones Mediplant: en 2001, l'institut de recherche suisse sur les plantes aromatiques et médicinales Mediplant a obtenu des semences de *Stevia rebaudiana* du Jardin botanique d'Ascunción (Paraguay). De cet essai, il subsiste aujourd'hui 15 descendants d'un polycross, que nous avons intégrés à la présente étude.

^cStepa a été développé par l'Université de Louvain, en Belgique, qui en fabrique une poudre enregistrée sous la marque STEPA[®]. Les semences sont beaucoup plus onéreuses que pour les autres géotypes.

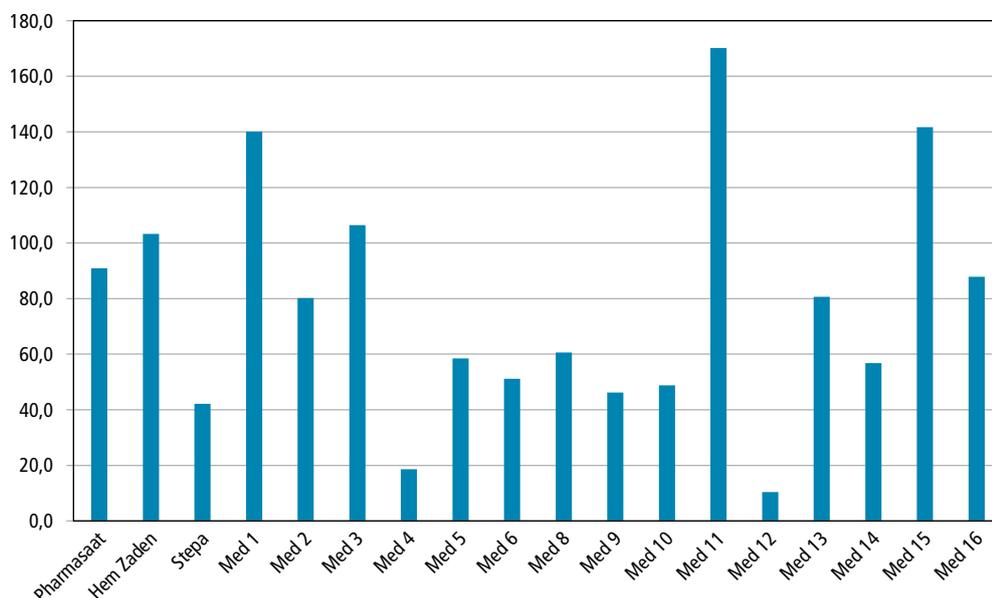


Figure 2 | Rendement en feuilles sèches (g/m²) des 18 géotypes en 2013 sur deux récoltes (cf. tabl. 1).

et WA60129, avec une détection à UV 200 nm. Les trois années (2013–2015), chaque échantillon a été analysé deux fois pour s'assurer de la fiabilité des mesures. Pour 2015, une analyse de variance (Tukey-Test) a été effectuée dans XLSTAT sur les teneurs en glycosides de stéviol avec quatre répétitions par génotype.

Résultats

Essai 2013

Le rendement en feuilles sèches de tous les génotypes sur le total des deux récoltes allait de 15 à 170 g/m² (fig. 2), avec un pourcentage de feuilles de 53 à 74 %. Les génotypes Médiplant 11, Médiplant 15, Médiplant 1, Médiplant 3, Hem Zaden et Pharmasaat ont fourni les

meilleurs rendements (par ordre décroissant) sur les deux récoltes. La teneur en glycosides de stéviol s'est révélée très diverse, avec des taux de stéviolside de 0,3 à 7,9 % w/w (weight/weight, soit poids/poids), tandis que le rebaudioside A variait de 0,3 à 6,5 % w/w (fig. 3). Des différences importantes ont été observées chez la plupart des génotypes, certains ayant une teneur quasiment nulle (Médiplant 8 et Médiplant 10). Les génotypes Médiplant 1, Médiplant 3, Pharmasaat et Stepa ont présenté, par ordre décroissant, la teneur la plus élevée en stéviolside et les génotypes Hem Zaden, Stepa, Médiplant 11 et Pharmasaat la teneur la plus élevée en rebaudioside A. La teneur totale en glycosides de stéviol était la plus élevée chez Pharmasaat, Hem Zaden, Stepa, Médiplant 3 et Médiplant 11. Le ratio stéviolside/rebau-

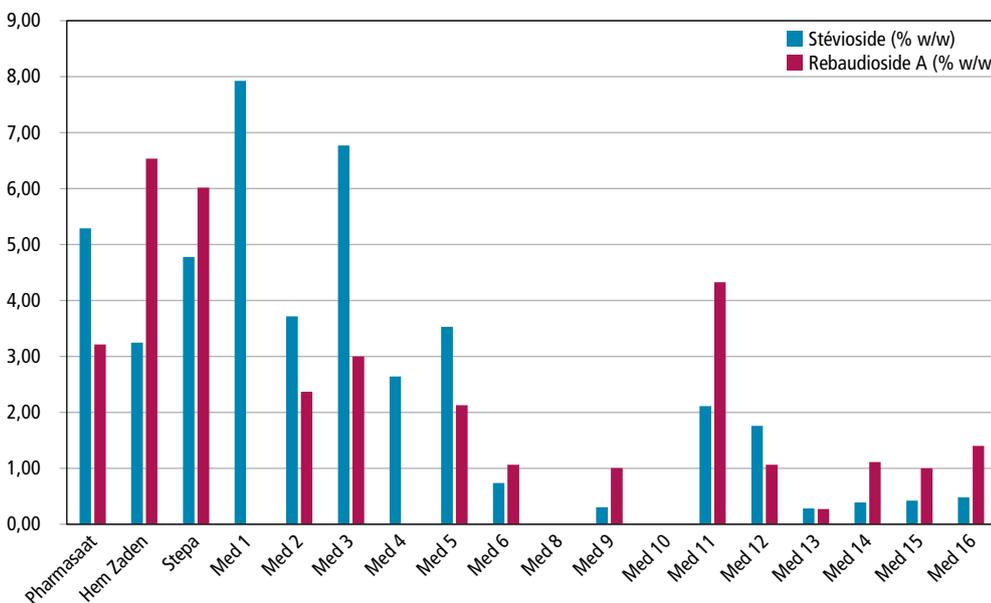


Figure 3 | Teneur (% w/w, notation pour *weight/weight*, soit «poids/poids») en stéviolside et rebaudioside A des 18 génotypes en 2013, moyenne des deux récoltes (cf. tabl. 1).

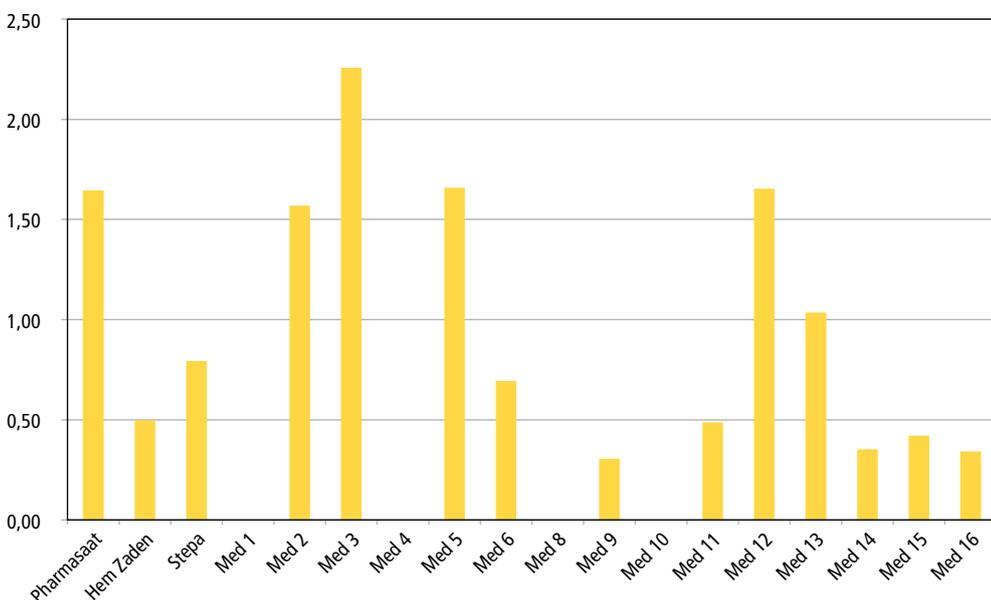


Figure 4 | Ratio de stéviolside/rebaudioside A des 18 génotypes en 2013 sur la moyenne des deux récoltes (cf. tabl. 1).

dioside indique le degré d'amertume du génotype. Le stéviocide est plus amer que le rebaudioside A, qui possède un pouvoir sucrant plus élevé. Un ratio inférieur à 1 est donc souhaitable pour éviter l'amertume dans l'extrait ou les feuilles de stévia (Goyal *et al.* 2011). En 2013, le ratio était inférieur à 1 pour Hem Zaden, Stepa, Médiplant 6, Médiplant 9, Médiplant 11, Médiplant 14 et Médiplant 16 (fig. 4). Sur la base de ces données, les génotypes recommandés sont Hem Zaden et Médiplant 11 (les semences de Stepa sont difficiles à obtenir, chères, et leur taux de germination est très faible).

Essai 2014

Les génotypes peu productifs, trop hétérogènes ou trop chers ayant été écartés, seuls Pharmasaat et Médiplant 11 ont été conservés pour être comparée avec de nouveaux génotypes obtenus *in vitro* chez Eustas (European Stevia Association, Bonn, D), nommés GAWI et F, ainsi qu'avec des semences de Jelitto (D). Les génotypes GAWI et F ont été sélectionnés (Dr. Christa Lankes, Universität Bonn) pour leur bon potentiel agronomique dans les zones tempérées d'Europe et sont réservés aux membres d'Eustas.

Le rendement en feuilles sèches de tous les génotypes sur le total des trois récoltes va de 126 g/m² pour Pharmasaat à 183 g/m² pour Médiplant 11 (fig. 5), avec un pourcentage de feuilles de 67 à 73 %. Toutefois, ces différences sont non significatives, ce qui montre l'hétérogénéité des rendements des quatre répétitions.

La teneur en glycosides de stéviol est nettement plus homogène qu'en 2013. La teneur en stéviocide, avec des valeurs moyennes de 2,26 % pour F et 4,75 % pour Pharmasaat (fig. 6), est similaire chez GAWI, Jelitto et Pharmasaat, tandis que F et Médiplant 11 en

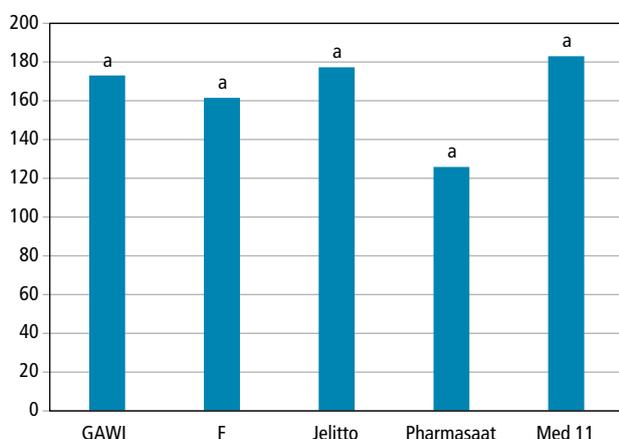


Figure 5 | Rendement en feuilles sèches (g/m²) des cinq génotypes en 2014 sur trois récoltes (cf. tabl. 1), avec analyse de variance sur quatre répétitions. Les lettres différentes indiquent des différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

possèdent environ la moitié. La teneur en rebaudioside A (valeurs moyennes Pharmasaat 1,75 % et F 4,79 %) (fig. 6) est similaire chez GAWI, Jelitto, Pharmasaat et Médiplant 11, tandis que F en a plus du double. La composition des glycosides de stéviol de F est donc inversée par rapport à celle de GAWI, Jelitto et Pharmasaat. Médiplant 11, quant à lui, est disqualifié par sa faible teneur comparative en glycosides de stéviol total, car son pouvoir sucrant doit être moindre.

Le ratio stéviocide/rebaudioside de F est nettement inférieur à 1, un peu plus élevé chez Médiplant 11, tandis que celui de GAWI, Jelitto et Pharmasaat dépasse nettement 1 (fig. 7). En conclusion, les différences de rendement n'étant pas significatives pour 2014, ce sont les génotypes les plus riches en glycosides de stéviol, GAWI, Pharmasaat, Jelitto et F, qui sont recommandés.

Essai 2015

Les génotypes GAWI, F et Pharmasaat (Jelitto serait également un bon candidat), les plus prometteurs les deux années précédentes, ont été plantés sur des parcelles expérimentales en altitude (1050 m à Bruson).

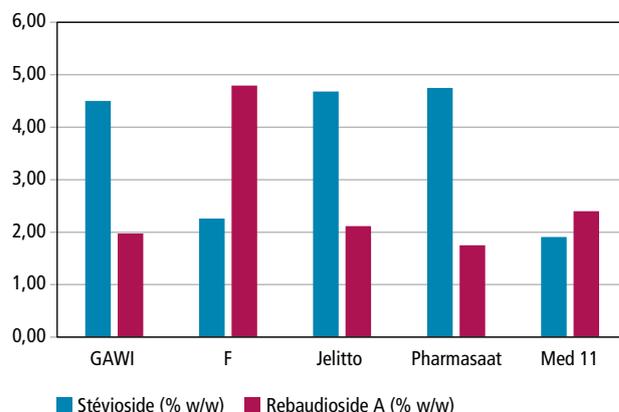


Figure 6 | Teneur (% w/w) en stéviocide et rebaudioside A des cinq génotypes cultivés en 2014, moyenne des trois récoltes (cf. tabl. 1).

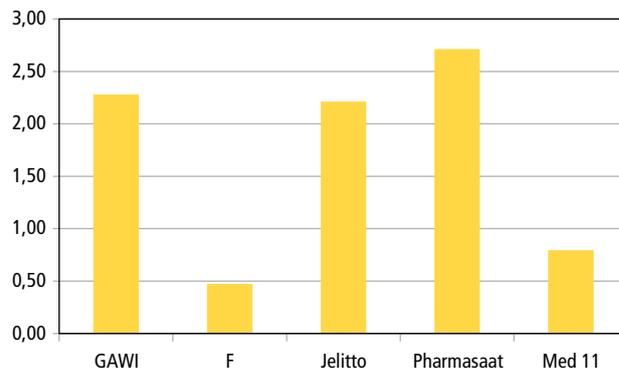


Figure 7 | Ratio de stéviocide/rebaudioside A des cinq génotypes en 2014 sur la moyenne des trois récoltes (cf. tabl. 1).

Le rendement en feuilles sèches de GAWI et F issus de plants *in vitro* est similaire (env. 120 g/m²) et légèrement supérieur sans significativité à celui de Pharmasaat, issu de semences (fig. 8). Ces valeurs sont toutefois nettement inférieures à celles de 2014, principalement en raison de la plantation tardive, qui n'a permis qu'une seule récolte, en zone de montagne. Dans les conditions climatiques du Valais, deux ou trois récoltes annuelles sont sans doute préférables à une seule récolte en automne.

Pour les trois génotypes, la teneur en glycosides de stéviol a été la même qu'en 2014. Les différences n'étaient significatives qu'entre F et les deux autres génotypes Pharmasaat et GAWI, qui ont fourni un peu plus de 4 % de stéviol, tandis que F affichait ~5 % de rebaudioside (fig. 9) et, en 2015 également, un ratio stéviol/rebaudioside nettement inférieur à 1, lui conférant un plus haut pouvoir édulcorant et une moindre amertume.

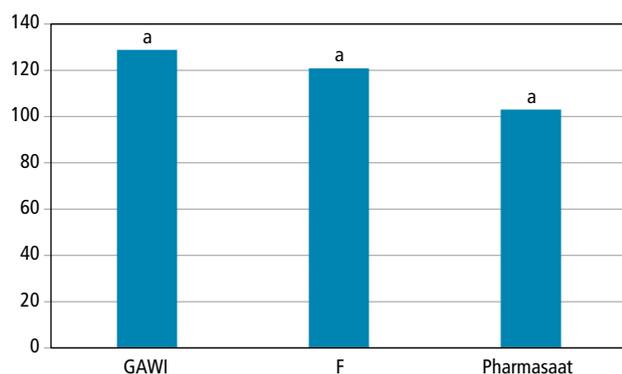


Figure 8 | Rendement en feuilles sèches (g/m²) des trois génotypes en 2015 sur une seule récolte (cf. tabl. 1), avec analyse de variance sur quatre répétitions. Les lettres différentes indiquent des différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

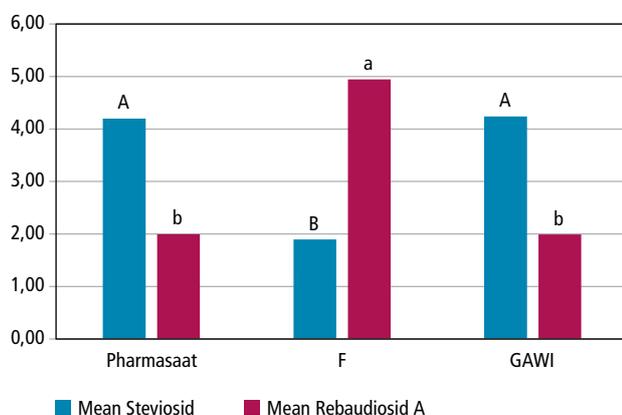


Figure 9 | Teneur (% w/w) en stéviol (bleu) et rebaudioside A (rouge) des trois génotypes en 2015, sur une seule récolte (cf. tabl. 1), avec analyse de variance sur quatre répétitions. Les lettres différentes indiquent des différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

Discussion

Essai 2013

Le développement général des stévias a été satisfaisant, en dépit d'une plantation relativement tardive. Les rendements en feuilles sèches des génotypes végétatifs (Médiplant) étaient nettement plus irréguliers que ceux des génotypes issus de semences, et leur teneur en glycosides de stéviol nettement plus basse, sauf chez Médiplant 11.

Essai 2014

Globalement, les rendements ont été nettement meilleurs qu'en 2013, ce qui suggère que trois récoltes annuelles valent mieux que deux, dans les conditions climatiques du Valais.

Essai 2015

Malgré leur rendement inférieur dû à l'altitude, à la plantation tardive et à l'unique récolte, le bon développement végétatif et les teneurs en glycosides de stéviol permettent de recommander le génotype F (multiplication végétative) pour une utilisation où l'amertume est indésirable (par exemple dans les tisanes), ou les génotypes GAWI (multiplication végétative) et Pharmasaat (multiplication générative) si l'amertume n'est pas un obstacle (utilisation des extraits de plantes).

Essai 2013–2015

Les rendements obtenus tous génotypes confondus sont bien inférieurs à ceux obtenus par Andolfi *et al.* (2006) à Pise (I), en première année de culture: 270 à 360 g/m² (60 et 80 g de feuilles sèches par plante, à une densité de 4,5 plantes/m²). Les conditions climatiques du Valais imposent une culture de stévia annuelle mais, lorsqu'elle est cultivée comme plante pérenne dans les climats semi-arides d'Amérique du Sud ou de Chine, les rendements peuvent dépasser 700 g/m² (Zabala 2011). Le climat plus doux de la région de Pise et une fertilisation plus importante ont permis à Andolfi *et al.* (2006) de la cultiver de manière pérenne sur huit ans, avec un pic de production en 5^e et 6^e années de 146 g/plante, soit 657 g/m². Dans les conditions climatiques du nord des Alpes, les rendements en culture annuelle sont donc sensiblement plus faibles et moins compétitifs. Cependant, les fabricants de tisane peuvent certainement compenser cette perte par la plus-value liée à une production indigène biologique.

La teneur en rebaudioside A des plantes les plus productives a été légèrement inférieure à celles obtenues par Lankes et Zabala (2011) en Allemagne en 2009 (première année de culture), dans des cultures en pot

abritées sous tunnel PE au printemps, qui s'élevaient à 3,3 % pour GAWI et 7 % pour F. Ces meilleurs résultats sont sans doute dus au stade phénologique, ou éventuellement à des différences liées aux laboratoires d'analyse. Cependant, nos ratios stéviolside/rebaudioside rejoignent ceux de Lankes *et al.* (2012), avec GAWI >1 et F <1. Dans les conditions suisses en annuelle, *Stevia rebaudiana* peut donc fournir un rendement théorique très hétérogène selon les génotypes, variant de 3 à 158 kg/ha de stéviolside et de 3 à 130 kg/ha de rebaudioside A.

Nos essais permettent de proposer aux industries intéressées par la culture de stévia en Suisse le génotype F (multiplication végétative), pour son haut pouvoir édulcorant et sa faible amertume, et les génotypes GAWI (multiplication végétative) ou Pharmasaat (multiplication générative) lorsque l'amertume n'est pas limitante. Ces recommandations ont donné lieu à des tests organoleptiques par la filière agroalimentaire, dont les résultats ne sont pas publics.

Conclusions

- La culture annuelle de *Stevia rebaudiana* est possible en Suisse, en plaine comme en région de montagne (environ 1000 m d'altitude).
- A une densité de plantation de 10 plantes/m², le potentiel de rendement en feuilles sèches est de 100 à 200 g/m² sur une à trois récoltes annuelles. En avançant la plantation de 15 jours (15–20 mai), la production pourrait théoriquement être augmentée. Avec des rendements toutefois nettement inférieurs à ceux des zones plus tempérées, la culture en Suisse doit impérativement apporter une plus-value en misant sur l'agriculture biologique.
- Les génotypes les plus productifs en glycosides de stéviol sont GAWI, Pharmasaat et F. Le génotype F a montré le plus faible ratio stéviolside/rebaudioside, qui se traduit par un pouvoir sucrant plus élevé et un arrière-goût moins amer.
- Avant toute utilisation industrielle de *Stevia rebaudiana* en Suisse, les acteurs de la filière devraient s'informer et respecter le Protocole de Nagoya adopté par la 10^e réunion de la Conférence des parties à la convention sur la diversité biologique des Nations unies, qui statue sur l'accès aux ressources génétiques et le partage équitable des avantages découlant de leur utilisation. ■

Remerciements

Les auteurs remercient Mediplant pour la mise à disposition des plantes descendant des semences provenant du Jardin botanique d'Ascunción (Paraguay).

Bibliographie

- Andolfi L., Macchia M. & Ceccarini L., 2006. Agronomic productive characteristics of two genotype of *Stevia rebaudiana* in central Italy. *Ital. J. Agron.* **2**, 257–262.
- Brandle J. E., Starratt A. N. & Gijzen M., 1998. *Stevia rebaudiana*: Its agricultural, biological, and chemical properties. *Can. J. Plant Sci.* **78**, 527–536.
- Goyal S. K., Samsheer R. K. & Goyal R. K., 2011. Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *Int. J. Food Sci. Nutri.* **61** (1), 1–10.
- Hall R. (Ed.) 2015. The bitter sweet taste of Stevia. Bern Declaration/Public Eye, CEIRAD, Misereor, Pro Stevia Switzerland, SUNU, University of Hohenheim, https://www.publiceye.ch/fileadmin/files/documents/Biodiversitaet/BD_STEVIA_REPORT_EN.pdf [9.10.2016]
- Lankes C. & Zabala U. M., 2011. Evaluation of *Stevia rebaudiana* genotypes. In: 'Stevia: Break-Through in Europe'. Geuns J. M. C. (ed.). Proceedings of the 5th Stevia Symposium 2011, June 28-29; Leuven, Belgium, 75–87.
- Lankes C., Zabala U. M. & Müller V., 2012. Performance of *Stevia rebaudiana* Bertoni genotypes under European temperate zone conditions. *Acta Hort.* **936**, 273–276.
- Zabala U. M., 2011. Optimierung von Wachstum und Ertrag (Süsstoffbildung) bei *Stevia rebaudiana* Bertoni unter mitteleuropäischen Standortbedingungen. INRES. PhD Thesis, 144 p.

Summary**Agronomical and phytochemical evaluation of *Stevia rebaudiana* for cultivation in Switzerland**

Stevia rebaudiana is a sweetening plant native to Paraguay and Brazil. The agronomic potential and phytochemical variability of 21 genotypes were studied in Switzerland in order to identify the best genotypes for local cultivation. Over a period of three years, annual yields in dry leaves varied between 10 and 183 g/m², with a percentage of leaves ranging from 53 to 75 %. At a density of 10 plants/m², the potential yield of dry leaves is approximately 100 to 200 g/m² with one to three annual harvests. The UPLC analyzes showed a notable variability in the phytochemical composition of steviol glycosides, the molecules responsible for its sweetening properties, with a content of stevioside ranging from 0.3 to 7.9 % and of rebaudioside A ranging from 0.3 to 6.5 %. After three years of trials, the genotype F (vegetative propagation) is recommended for its high sweetness and low bitterness, eg suitable for herbal tea manufacturers, while the genotypes GAWI (vegetative propagation) and Pharmasaat (generative propagation) are also recommended for their high sweetening power, while having an aftertaste of licorice. The cultivation of stevia is possible in Switzerland, but as an annual plant, while it is a perennial plant in its place of origin. Compared to significantly higher yields of perennial crops in temperate regions (> 700 g/m²), cultivation in Switzerland must imperatively generate added value by emphasizing organic farming.

Key word: stevioside, rebaudioside A, sweetener plant, Switzerland

Zusammenfassung**Agronomische und phytochemische Beurteilung von *Stevia rebaudiana* für Anbau in der Schweiz**

Stevia rebaudiana ist eine süssende Pflanze aus Paraguay und Brasilien. Die agronomische Potenzial und die phytochemische Variabilität von 21 Genotypen wurden in der Schweiz untersucht, um die besten Genotypen für den lokalen Anbau zu identifizieren. Während drei Jahren variierten die Jahreserträge an getrockneten Blättern zwischen 10 und 183 g/m², mit einem Blattanteil zwischen 53 und 75 %. Mit einer Dichte von 10 Pflanzen/m² ist das Ertragspotential an getrockneten Blätter etwa 100 bis 200 g/m² mit ein bis drei Ernten pro Jahr. Die UPLC-Analysen zeigten eine deutliche Variabilität bei der phytochemische Zusammensetzung von Steviol-Glykoside, die Moleküle verantwortlich für seine Süssungsmittel, mit einem Steviosid-Gehalt zwischen 0,3 und 7,9 % und einem Rebiosid A-Gehalt zwischen 0,3 und 6,5 %. Nach drei Jahren der Versuche wird der Genotyp F (vegetative Vermehrung) für seine hohe Süsse und geringe Bitterkeit empfohlen, zum Beispiel für Kräutertee-Hersteller, während die Genotypen GAWI (vegetative Vermehrung) und Pharmasaat (generative Vermehrung) auch für ihre hohe Süsskraft empfohlen sind, trotz einen Nachgeschmack von Lakritze. Der Anbau von Stevia in der Schweiz ist möglich, aber nur als einjährige Pflanze, während es eine mehrjährige Pflanze in seinem Ursprungsort ist. Im Vergleich zu deutlich höhere Ausbeuten von Dauerkulturen in gemässigten Regionen (> 700 g/m²), Anbau in der Schweiz muss unbedingt einen Mehrwert erzeugen, indem sie den ökologischen Landbau zu betonen.

Riassunto**Valutazione agronomica e fitochimica di *Stevia rebaudiana* per la coltivazione in Svizzera**

Stevia rebaudiana è una pianta dolcificante originaria del Paraguay e del Brasile. Il potenziale agronomico e la variabilità fitochimica di 21 genotipi sono stati studiati in Svizzera, al fine di individuare i migliori per la coltivazione locale. Nell'arco di tre anni, la resa annuale in foglie secche variava tra 10 e 183 g/m², con una percentuale di foglie tra 53 e 75 %. Con una densità di 10 piante/m², la resa potenziale di foglie secche è di circa 100 a 200 g/m² con una a tre raccolti annuali. L'analisi UPLC ha mostrato una grande variabilità nella composizione fitochimica dei glicosidi steviolici, le molecole responsabili per le sue proprietà dolcificanti, con un contenuto di stevioside dal 0,3 al 7,9 % e di rebaudioside A dal 0,3 al 6,5 %. Dopo tre anni di test, il genotipo F (moltiplicazione vegetativa) si raccomanda per la sua alta dolcezza e bassa amarezza, ad esempio per la produzione di tisane, mentre i genotipi Gawi (moltiplicazione vegetativa) e Pharmasaat (moltiplicazione generativa) sono anche consigliati per il loro elevato potere dolcificante, pur avendo un retrogusto di liquirizia. La coltivazione della stevia in Svizzera è possibile, ma in forma annuale, mentre è perenne nel suo luogo di origine. Rispetto alle rese significativamente più alte nelle colture perenni delle regioni temperate (> 700 g/m²), la coltivazione in Svizzera deve imperativamente generare valore aggiunto, sottolineando l'agricoltura biologica.

Etude de lutte contre *Melolontha M.* en cultures de PMA

Catherine A. Baroffio, M. Miranda, C.A. Carron
Agroscope, CH-1964 Conthey; www.agroscope.ch

Présentation du ravageur

Ordre : Coleoptera
Famille : Scarabaeidæ
Sous-famille : Melolonthinae



Voies de reproduction d'Avril à Mai.
Développement de la larve (voir photo ci-contre) sous 3 stades larvaires sur une période de 3 ans.

Dégâts

Principalement causés par les larves de deuxième et troisième stade (2ème année). Celles-ci entraînent la destruction complète du système racinaire.

Présentation de l'étude (laboratoire)

Comparaison d'efficacité de traitements sur les larves de *Melolontha melolontha* (larves de 2ème stade larvaire) en laboratoire.

Dispositif expérimental :

- 10 répétitions / modalité
- 1 larve / boîte
- apport de carottes (nourriture)



Boîte d'essai avec larve et carotte

PRODUITS	SOCIETE	COMPOSITION	DOSE1	DOSE2	DOSE3
Rapasan	Steffen AG	Extraits de plantes	4dl/ha	-	-
Ecofort 2015	Steffen AG	Glucosinolate - capsaiiscine	0,5dl/ha	1,5dl/ha	-
Rapasan forte	Steffen AG	Extraits de plantes	1dl/ha	-	-
Ecofort Granulé	Steffen AG	Glucosinolate - capsaiiscine	1,5dl/ha	-	-
Litostop	Fertinature	Lithothamme	0,5kg/ha	-	-
Galanem	Andermatt	Heterorhabditis bacteriophora	1mn/m ²	-	-
Naturalis-L	Andermatt	Beauveria bassiana	5L/ha	-	-
BB-protec	Andermatt	Beauveria bassiana	1kg/ha	2kg/ha	10kg/ha



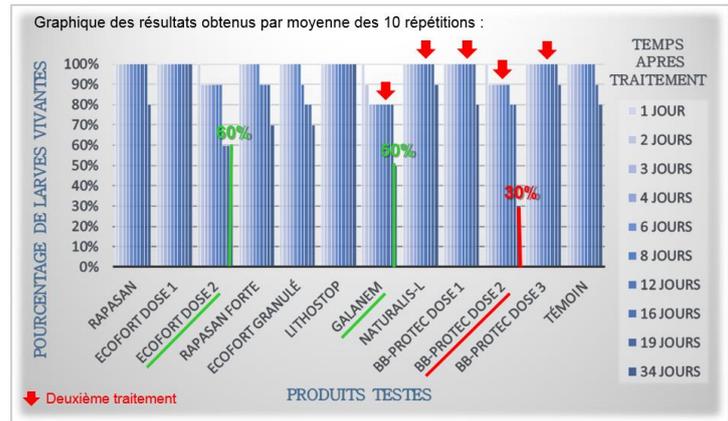
Paramètres analysés :

- Mortalité des individus
- Rapidité d'action

← Boîte d'essai (Ecofort dose 1, rep 1)

Résultats :

Evolution de la mortalité des larves de hannetons en fonctions des produits et du temps après traitement :



Etude réalisée en champs

Parcelle utilisée : champ de mélisse officinale en AB

- 2 gradients d'hétérogénéité
- Micro-parcelles de 2m sur 3,5m
- Pas de produits granulés et as d'autorisation pour PP-protec

Produits testés :

- Rapasan
- Ecofort 2015 (dose 2)
- Galanem
- Naturalis-L



Parcelle expérimentale de Mélisse

Paramètres analysés :

- Aspect visuel
- Biomasse
- Teneur en huile essentielle
- Etat des racines
- Mortalité des larves

Résultats de l'essai en champs:

Aucune différence significative établie entre les traitements au 10/08.

- Pour l'essai en laboratoire les produits BB-protec (dose2), Galanem et Ecofort (dose2) se démarquent des autres par une mortalité importante des larves.

Cependant ces différences ne sont significativement pas valables après analyse statistique.

- L'essai en champs confirme, pour les produits testés, cette hypothèse.
- L'efficacité des produits testés n'est donc pas établie actuellement.

Studie über *Longitarsus* sp. in MAP-Kulturen

C. Braud, C.A. Carron, M. Miranda, C.A Baroffio
 Agroscope, CH-1964 Conthey; www.agroscope.ch

Vorstellung des Schädlings

Ordnung : Coleoptera

Familie : Chrysomelidae

Vermutete Spezies :

Longitarsus lycopi : Flugperiode April

Longitarsus ferrugineus : Flugperiode Juli



Larve de *Longitarsus* sp.



Longitarsus sp. adulte

Schäden

Schäden durch erwachsene Tiere: Perforation der Blätter

Schäden durch Larven: Angriff aufs Wurzelsystem

Saisonale Dynamik

In Bruson und Ayent sind mittels Dvac (Motorsauger) wöchentlich Fauna-Entnahmen durchgeführt worden.

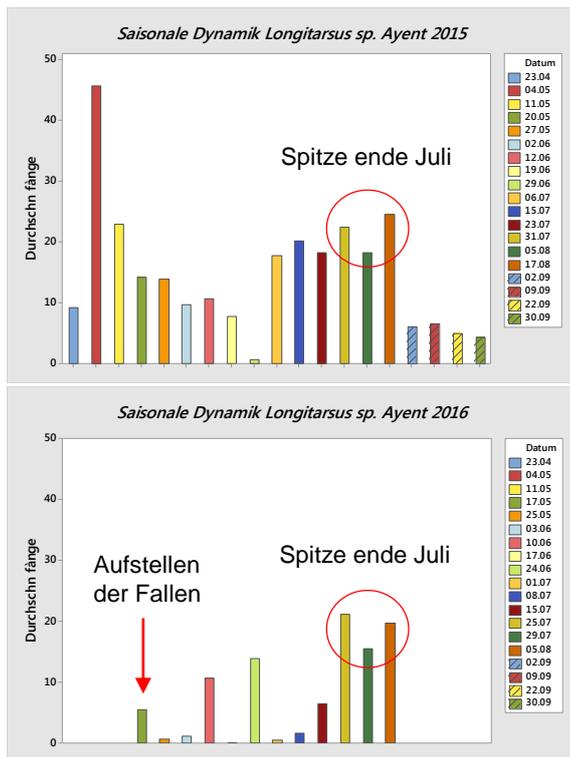


Abb.1 : wöchentliche Fänge von *Longitarsus* sp. in Ayent zwischen April und Juli

Die Spitze vom Juli auf der Minze (Ayent) wird im 2016 bestätigt.

Vergleich der farbigen Fallen

In Ayent sind Rebell-Fallen von unterschiedlicher Farbe getestet worden.

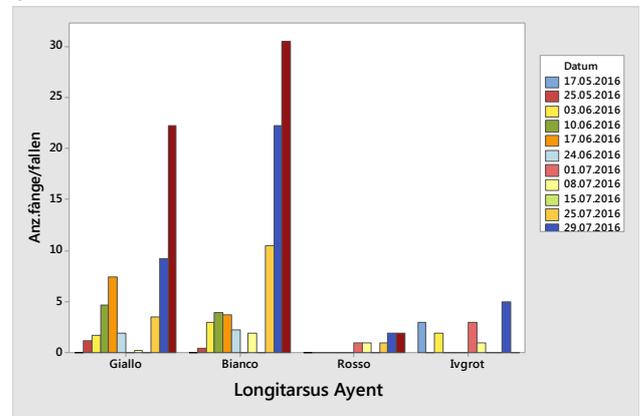


Abb.2 : Fänge in Ayent: die Skala entspricht der Fläche von Giallo; die Fänge von Bianco und Rosso sind durch zwei geteilt worden, um gleichgrosse Flächen zu vergleichen.

In Ayent, waren zu Saisonbeginn die gelben Fallen (giallo) anziehender, danach, ab Juli, waren es die Weissen (bianco). Die roten Fallen (rosso und Ivgot) zeigten im Gegensatz zum Vorjahr keine guten Resultate.

Zucht

Um mehr über die Biologie und das Verhalten der Larvenstadien dieser Spezies zu erforschen, sind Zuchtversuche durchgeführt worden.



Petrischale mit porösem, feuchten Grund, auf welchem Spalten für die Eiablage geschlitzt sind. (der poröse Grund dient als Bodenersatz für die Larven und Eier). Die erwachsenen Tiere werden mit Minzeblätter und die Larven mit Wurzeln ernährt.



Geschlüpfte Eier von *Longitarsus* sp.

Der Zuchtversuch ergab drei Larven. Es ist das erste Mal, dass eine Larve anschaulich gemacht werden konnte. Diese misst weniger als einen Millimeter und sie reagiert sehr empfindlich auf Feuchtigkeitsveränderungen. Gemäss den während der Zucht durchgeführten Beobachtungen ist die Larve nicht sehr virulent, die Schäden scheinen demnach mehrheitlich durch erwachsene Tiere verursacht zu werden.

- Mittels Dvac ist eine repräsentativere Entnahme möglich als mit den farbigen Rebell-Fallen.
- Die Rebell-Fallen ermöglichen eine rasche Erkennung der Spitzenwerte im Juli.
- Die Bestimmungen werden uns das Vorkommen der 2 oder 3 Spezies mit anderen Flugperioden bestätigen.
- Auf der Basis der Fangresultate kann eine gezielte Insektizid-Behandlung durchgeführt werden.

Etude des *Longitarsus* sp. en cultures de PMA

C. Braud, C.A. Carron, M. Miranda, C.A Baroffio
 Agroscope, CH-1964 Conthey; www.agroscope.ch

Présentation du ravageur

Ordre : Coleoptera

Famille : Chrysomelidae

Espèces présumées :

Longitarsus lycopi : vol en avril

Longitarsus ferrugineus : vol en juillet



Larve de *Longitarsus* sp.



Longitarsus sp. adulte

Dégâts

Dégâts des adultes : perforation des feuilles

Dégâts des larves : attaque du système racinaire

Dynamique saisonnière

Des prélèvements faunistiques ont été effectués chaque semaine à Bruson et Ayent à l'aide du Dvac (aspirateur à moteur).

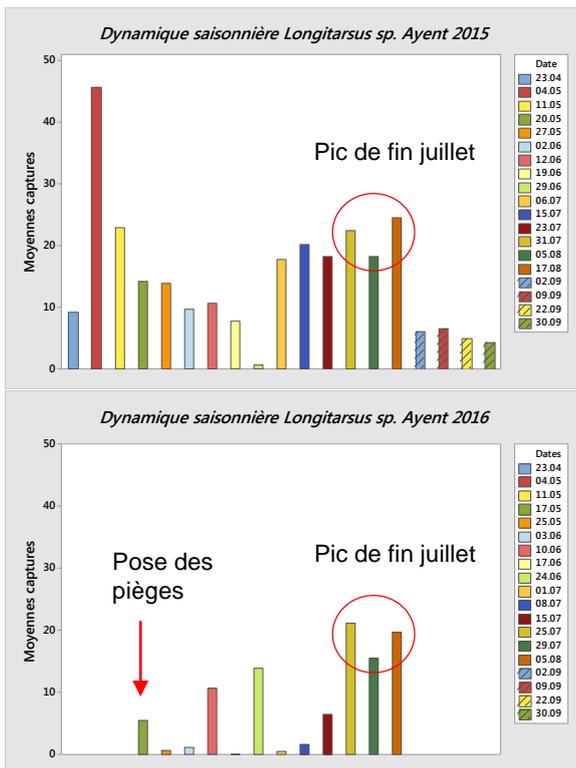


Fig.1 : Détail des captures hebdomadaires de *Longitarsus* sp. à Ayent entre avril et juillet.

Le pic de vol du mois de juillet sur menthe (Ayent) se confirme en 2016.

Comparaison de pièges colorés

Des pièges Rebell de différentes couleurs ont été testés à Ayent.

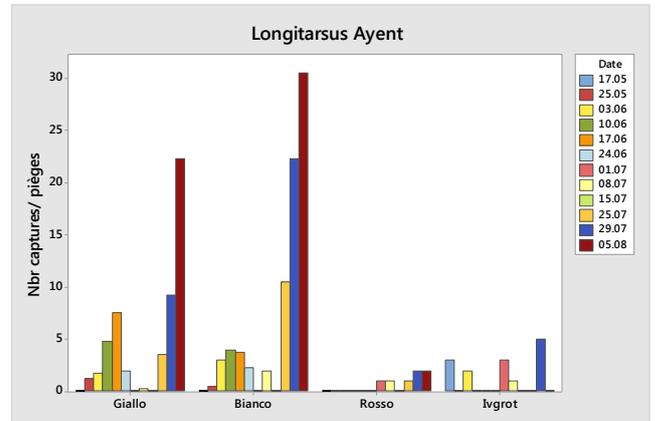


Fig.2 : Détail des captures sur pièges à Ayent : l'échelle est la surface du Giallo; les captures du Bianco et Rosso sont divisées par 2 et le Rot par 3, pour comparer à surface égale

A Ayent, les pièges jaunes (giallo) étaient plus attractifs en début de saison, puis les blancs (bianco) depuis le mois de juillet. Les pièges rouges (rosso et Ivrot) n'ont pas donné de bons résultats contrairement à l'année passée.

Elevage

Des tentatives d'élevages ont été effectuées pour en savoir plus sur la biologie des espèces présentes ainsi que sur le comportement des stades larvaires.



Boîte de pétri à fond poreux humide, dans laquelle des fentes sont creusées pour la ponte des *Longitarsus* (le fond poreux sert de succédané de sol pour les larves et les œufs). Les adultes sont nourris avec des feuilles de menthe poivrée et les larves avec des racines.



Œufs éclos de *Longitarsus* sp.

Trois larves ont été obtenues durant l'élevage. C'est la première fois que la larve est mise en évidence. Celle-ci mesure moins d'un millimètre, elle est très sensible aux variations d'humidité.

D'après les observations effectuées pendant l'élevage, la larve n'est pas très virulente, les dégâts seraient donc majoritairement dus à l'adulte.

- Le Dvac permet un échantillonnage plus représentatif que les pièges colorés Rebell.
- Les pièges Rebell permettent de détecter rapidement le pic de juillet.
- Les déterminations nous confirmeront la présence des 2 ou 3 espèces ayant des vols à des périodes différentes.
- Un traitement insecticide peut être ciblé en se basant sur les résultats des piégeages.

Mentha × piperita ‘541’: DNA certification of peppermint in Switzerland by RAPD

José F. Vouillamoz, Claude-Alain Carron, Catherine A. Baroffio, Christoph Carlen

Agroscope, CH-1964 Conthey, Switzerland; www.agroscope.ch

Introduction

In Switzerland, the most cultivated variety of peppermint for the food industry is *Mentha × piperita* ‘541’, a clone native from Crimea (Fig. 1). For some time, producers have observed a significant drop in production, which could be the result of clonal degeneration. The clone ‘541’ grown in Switzerland has been compared to the original Crimean ‘541’ as well as to 33 other mint varieties by the analysis of 20 RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA) markers.



Fig 1. Peppermint (*Mentha × piperita*) clone ‘541’ is the most widely cultivated in Switzerland.

Material and methods

Dried leaves of the clone ‘541’ grown in Switzerland, the original Crimean clone ‘541’ from Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising, Allemagne, as well as 33 other mint varieties from the latter institute and from the collection at Agroscope (Switzerland) and Jardin des Senteurs (Switzerland) were used for DNA extraction with DNeasy Plant Mini Kit – (Qiagen). RAPD analysis was done with OPW1-20 primers (Operon Technologies, Alameda, CA, USA). PCR was carried out twice according to HotStarTaq Polymerase (Qiagen) user’s manual. PCR products were visualized on 1% agarose with ethidium bromide (0,001 %). Genetic distance was calculated using Nei’s similarity coefficient. UPGMA dendrogram was constructed using the software MEGA 5.0.

Results

Only five out of the 20 RAPD markers turned out to be reproducibly polymorphic, with 7 (OPW18) to 12 (OPW19) bands per marker. The percentage of polymorphism among the *Mentha* species was high (98 %). The highest genetic distance (92 %) was between *M. × rotundifolia* ‘Hillary Sweet’ et *M. pulegium* ‘Marocaine’. The lowest genetic distance was between both clones ‘541’ was 0 %, showing their perfect genetic identity (Fig. 2).

The explanation of their differences therefore most likely lies in cultivation or epigenetic causes. In addition, in the case of orange mint (*Mentha × piperita* var. *citrata*), a genetic distance of 7 % was observed between the accession cultivated in Switzerland and the one maintained in vitro, which could mean the existence of two distinct clones. In addition, a genetic distance of 28% was observed between *Mentha × piperita* var. *citrata* cultivated in Switzerland and *Mentha × piperita* var. *citrate* ‘Limona’, which might be the consequence of the strong hybridization rates in mint.

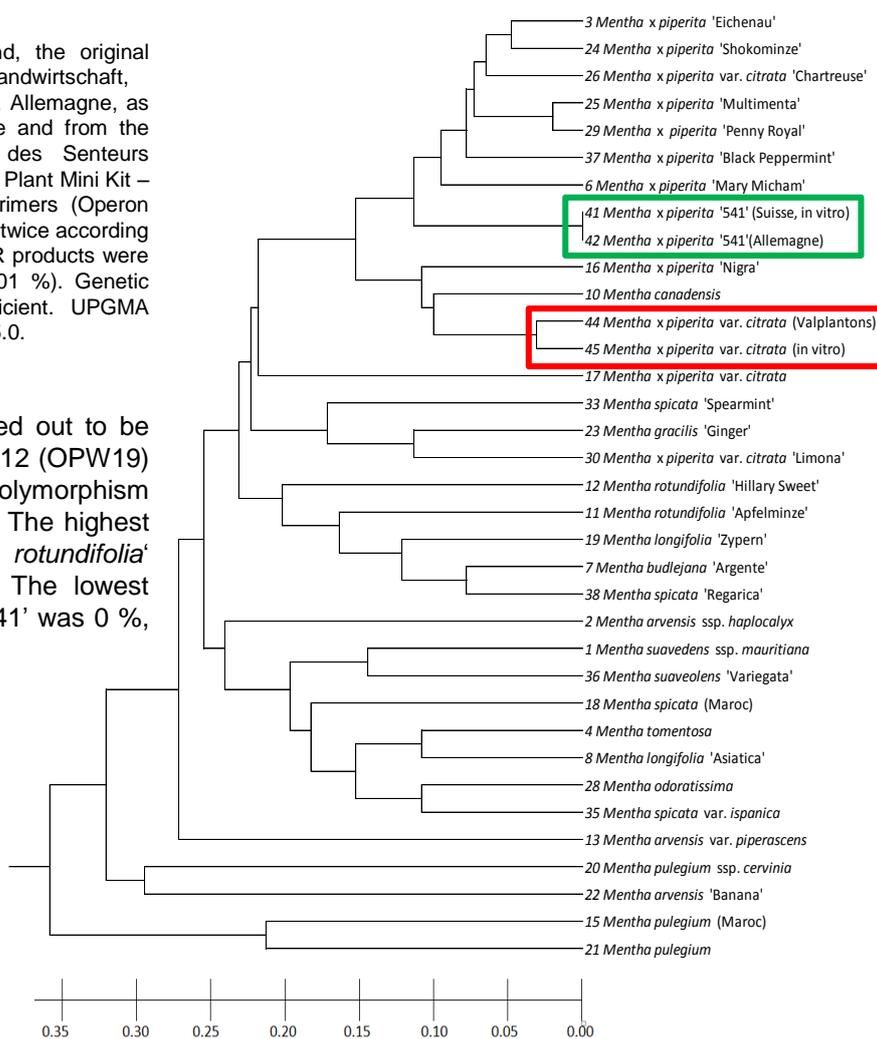


Fig 2. UPGMA dendrogram of genetic distances based on five variable RAPD markers. The distance between the clones ‘541’ in Switzerland and from Crimea is 0 % (green box). The distance between in vitro and cultivated *Mentha × piperita* var. *citrata* is 7 % (red box).

Conclusions

- The clone ‘541’ cultivated in Switzerland has the same RAPD profile as the original clone ‘541’ from Crimea, therefore they are most likely identical genetically.
- Agronomical and epigenetical differences between the two clones cannot be excluded.
- Important intra- and interspecific genetic distances could be the consequence of strong hybridization rates in mint.

Sexualité végétale: le safran (*Crocus sativus*)

Claude-Alain Carron, José Vouillamoz et Catherine Baroffio

Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, Groupe plantes aromatiques et médicinales, Centre de Recherche Conthey, Route des Eterpys 18, 1964 Conthey/Suisse; www.agroscope.ch



Source: Kohler's Medicinal Plants (1887)

Safranière à Arbaz en Valais. Pour la production d'épice, seuls les stigmates rouges sont utilisés.

De la nuit des temps

Comme l'attestent de nombreux témoignages archéologiques au Moyen Orient et dans le bassin méditerranéen, l'utilisation du safran remonte à la préhistoire. Nos ancêtres appréciaient les propriétés organoleptiques, colorantes et médicinales de «l'or rouge». Au 1^e siècle, Pline l'Ancien relatait l'existence d'un safran sauvage, que l'on suppose endémique et non stérile. Il le qualifiait de «meilleur» en comparaison au safran cultivé «plus grand, plus beau mais avec moins de force».

Multiplication uniquement végétative

Le *Crocus sativus*, l'espèce cultivée de nos jours, est stérile. Aucune certitude n'existe quant à son ancienneté ou son origine, soit hybride interspécifique (triploïde), mutation ou reproduction dirigée. Il est vraisemblable que ce soient les Romains qui l'aient propagé en Europe de l'Ouest. Le *Crocus sativus* a traversé les siècles sans jamais produire de semence. Sa multiplication est assurée par un organe souterrain, le corme appelé communément bulbe. Le corme-mère ne vit qu'une saison et peut produire jusqu'à dix cormes-fils (appelés caïeux) qui assurent la pérennité de l'espèce.

Fleurs bisexuées, mais stériles

De la famille des iridacées, la fleur lilas-mauve odorante du *Crocus sativus* se compose de six tépales, trois étamines jaunes vif et un pistil divisés en trois stigmates rouges qui constituent l'organe de récolte. Exceptionnellement, la formation d'un fruit en forme de capsule tricarpeulaire contenant des graines a été observée, mais la germination des semences demeure hypothétique.

Au repos en été

Le safran a un cycle végétatif inversé. Les feuilles sèchent et disparaissent en mai. Les cormes entrent alors en dormance biologique. C'est durant cette période que la multiplication des cultures a lieu. Les racines se forment à nouveau en fin d'été. Au début de l'automne, presque simultanément, les premières fleurs et les feuilles apparaissent. L'éclosion des fleurs s'échelonne jusqu'en novembre. Les feuilles linéaires croissent et forment un gazon plus ou moins dense. Elles restent actives durant tout l'hiver et peuvent atteindre 30 à 40 cm au début du printemps. Les cormes-fils se forment dès la fin de la floraison, mais grossissent surtout en mars-avril.

Conclusions

Malgré ses magnifiques fleurs complètes, attrayantes pour les insectes, pourvues d'étamines, de pollen et de pistils proéminents, le *Crocus sativus* ne prospère et ne se multiplie que par voie asexuée.

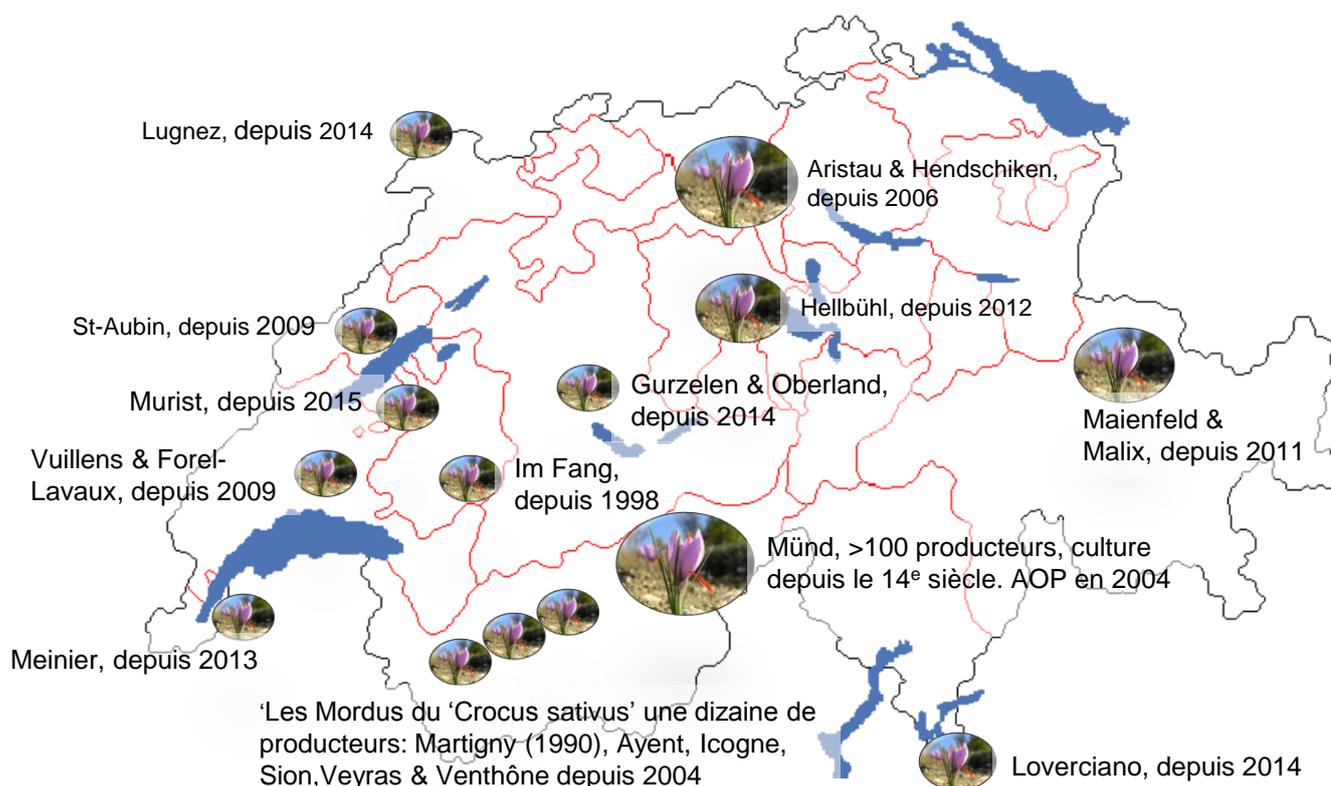


La production suisse de safran

Claude-Alain Carron, José Vouillamoz et Catherine Baroffio

Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, Groupe plantes aromatiques et médicinales, Centre de Recherche Conthey, Route des Eterpys 18, 1964 Conthey/Suisse; www.agroscope.ch

Localisation des cultures de safran en Suisse



Histoire et développement récent

Au Moyen-Âge, la culture et le commerce du safran étaient répandus en Suisse, notamment dans la région bâloise où les plantations étaient très florissantes et lucratives, avant de décliner peu à peu. Témoins de l'importance de cette épice en Suisse à cette époque, des guildes du safran (Safran Zunft) perdurent encore à Bâle, à Lucerne et à Zürich. Au 20^e siècle, la culture du safran avait quasiment disparu de Suisse. En 1979, alarmés par la diminution des surfaces, les habitants du village haut-valaisan de Mund réagissaient. Une confrérie réunissant plus de 100 membres y était créée. Cette revitalisation a abouti à l'obtention d'une AOP «safran de Mund» en 2004.

Depuis une quinzaine d'années, un net regain d'intérêt autour de la culture du safran est observé. Des safranières ont été plantées dans les cantons d'Argovie, de Berne, de Fribourg, de Genève, des Grisons, du Jura, de Neuchâtel, du Tessin, du Valais et de Vaud.

Discussions

Depuis 1990, le net regain d'intérêt pour la culture de safran indigène est manifeste. Les raisons de cet engouement sont multiples: diversification des cultures, agri-tourisme, locavorisme,... Cependant, la rentabilité économique demeure difficile à atteindre en dépit de prix très élevés en comparaison aux prix du marché.

Le coût de la main d'œuvre, la difficulté de la gestion des adventices, et les pertes dues aux aléas pédo-climatiques, aux ravageurs et aux maladies sont les principaux freins à l'expansion d'une production de safran suisse.



Peucedanum ostruthium (L.) Koch: Morphological and phytochemical variability of twelve accessions from the Swiss alpine region

Jessica Heather McCardell¹, Julien Héritier², Xavier Simonnet², Christoph Carlen³

¹Masters Student in Crop Science, Institute of Plant, Animal and Agroecosystem Sciences, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich

²Mediplant, Conthey, Switzerland

³Agroscope, Institute for Plant Production Sciences, Conthey

Contact: jessica.mccardell@gmx.ch (Jessica Heather McCardell)

1 Introduction

Natural products or derivatives make up about one third of all medication^[1]. Ostruthin, a natural bioactive compound in the roots of *Peucedanum ostruthium*, has been found to have beneficial characteristics for a number of health related issues^[2-4]:

- anti-proliferative → cardiovascular diseases
- anti-bacterial → mycobacterial infections
- acetylcholinesterase inhibitor → Alzheimer's disease

Aim

Analysis of twelve accessions of *P. ostruthium* from the Swiss alpine region harvested in spring and fall with regards to:

- ostruthin concentration of above and below ground plant parts
- dry matter yield of above and below ground plant parts

The results of this study will allow for an identification of productive plants with a high quality for a breeding program.

2 Plant Material

Twelve accessions of *P. ostruthium* from the Swiss alpine region, collected from the wild and reared for two years in an experimental field in Bruson (Fig. 1).

- spring harvest: May 12th, 2015
- fall harvest: October 12th, 2015
- above and below ground plant parts separated
- fresh plant material dried at 38°C



Fig. 1. Experimental field in Bruson (VS).

3 Methods

Accelerated Solvent Extraction (ASE)

ASE is an ideal extraction method for this study because:

- small plant quantity (~5 g) and short time (~20 min) per extraction
- temperatures are kept low (~40°C)

High Pressure Liquid Chromatography (HPLC)

- qualitative and quantitative analysis of ASE extracts (Fig. 2)
- identification and quantification of ostruthin in ASE extracts by comparing to ostruthin standard



Fig. 2. ASE extracts from the fall harvest of accessions 1-6 from above (green) and below ground (yellow) plant parts.

5 Conclusion

- Plant parts** → Only **below ground** plant parts are of interest for ostruthin production
- Harvest time** → Below ground plant parts from **fall harvest** rendered highest ostruthin yield
- Accessions** → Highest ostruthin yield found in **accession 11** of fall harvest

4 Results

Plant parts

The ostruthin concentration in the above ground plant parts was below the quantification level. However, the below ground plant parts were rich in ostruthin.

Harvest time

The mean dry matter root yield was much higher in the fall harvest. The mean ostruthin concentration in the below ground plant parts was slightly higher in the spring harvest. In consequence, the mean ostruthin yield was higher in the fall harvest (Fig. 3).

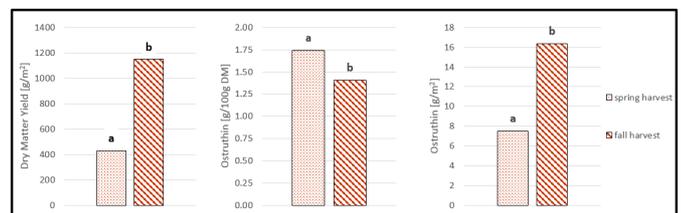


Fig. 3. Spring and fall harvest of below ground plant parts: mean yield, mean ostruthin concentration and mean ostruthin yield for all 12 accessions (ANOVA Tukey HSD p<0.001)

Accessions

The comparison of the accessions focuses on the below ground plant parts harvested in the fall (Fig. 4):

The DMY ranged from 773-1539 g DM/m² with the maximum value found in accession 11. The ostruthin concentration varied from 0.94-1.94 g/100g DM with the highest concentration found in accession 11. The ostruthin yield ranged from 10-30 g/m² with the highest yield found in accession 11. The experimental field was established without repetitions and thus makes a statistical analysis on the level of accessions futile. Nevertheless, if these accessions are analysed in future experiments accession 11 should be looked at closely.

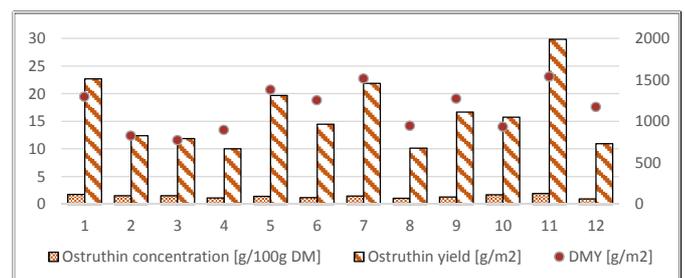


Fig. 4. Fall harvest of below ground plant parts: ostruthin concentration, ostruthin yield and dry matter yield of all accessions.

References:

- Asif, M., 2015. Pharmacological activities and phytochemistry of various plant containing coumarin derivatives. *Current Science Perspectives* 1, 77-90.
- Joa, H., Vogl, S., Atanasov, A.G., Zehl, M., Nakel, T., Fakhrudin, N., Heiss, E.H., Picker, P., Urban, E., Wawrosch, C., Saukel, J., Reznicek, G., Kopp, B., Dirsch, V.M., 2011. Identification of ostruthin from *Peucedanum ostruthium* rhizomes as an inhibitor of vascular smooth muscle cell proliferation. *J Nat Prod* 74, 1513-1516.
- Schirkovitz, A., Gibbons, S., Stavri, M., Cocksedge, M.J., Bucar, F., 2003. Ostruthin: An Antimycobacterial Coumarin from the Root of *Peucedanum ostruthium* Letter... *Planta Medica*, 369-371.
- Urban, A., Marston, A., Hostettmann, K., 2005. Coumarins from *Peucedanum ostruthium* as Inhibitors of Acetylcholinesterase. *Pharmaceutical Biology* 43, 647-650.