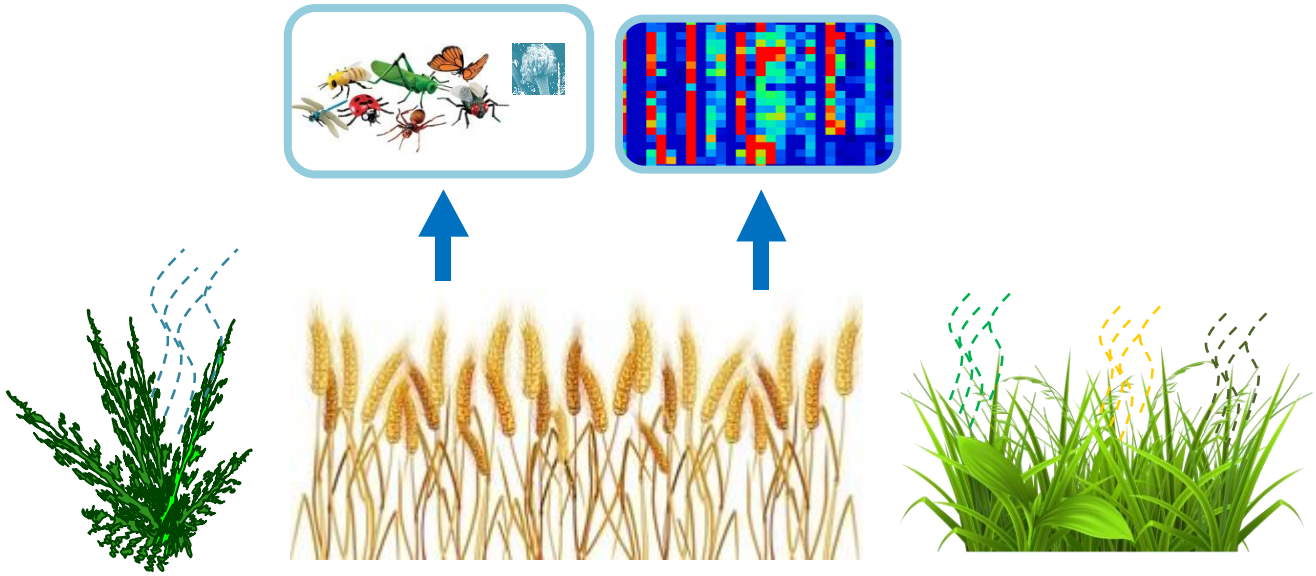


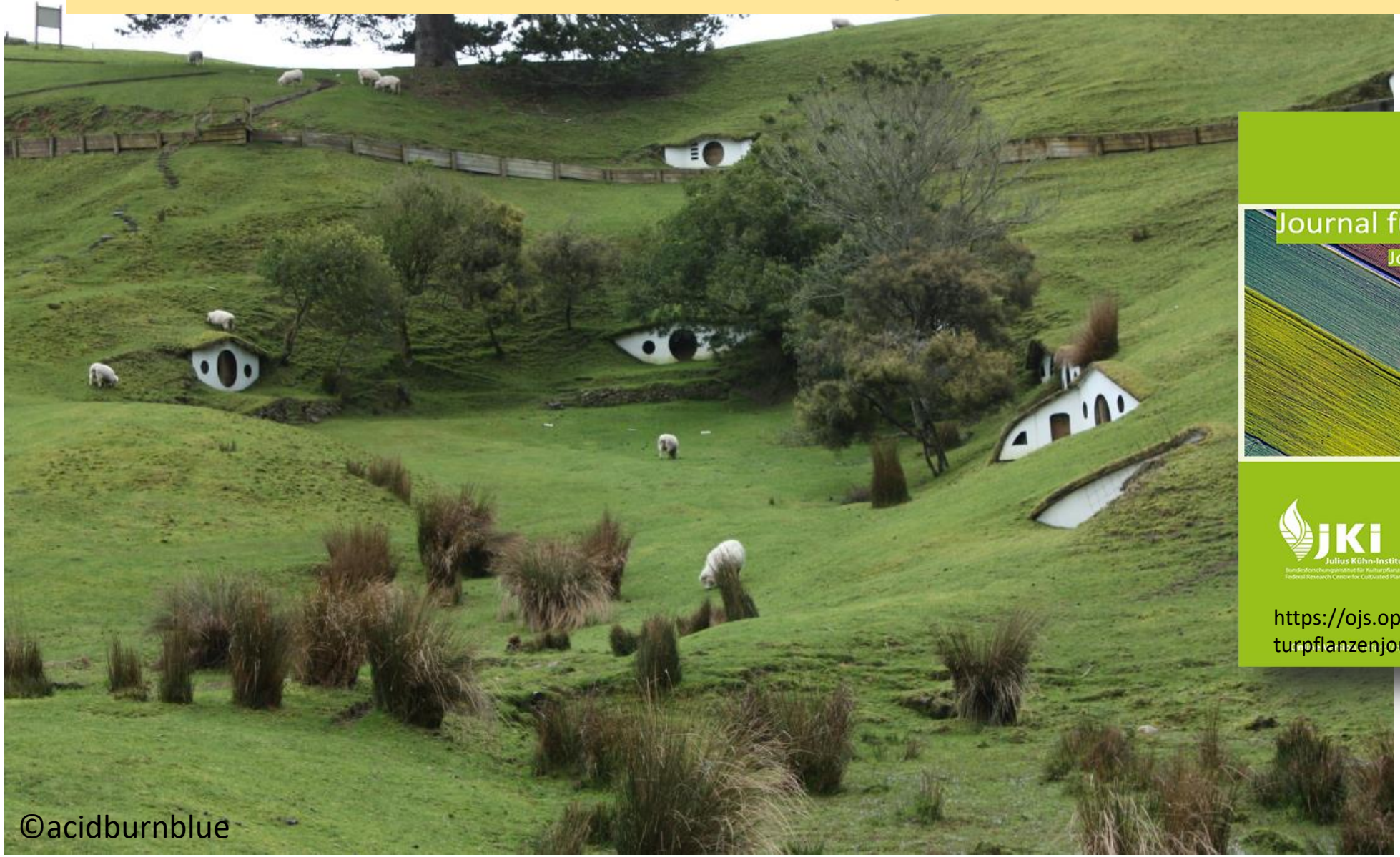
Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Federal Research Centre for Cultivated Plants

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung, Priming und chemische Diversität

Torsten Will[1], Torsten Meiners[2]

[1]Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz (RS)
[2]Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz (ÖPV)
Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

“Die Welt ist im Wandel. Ich spüre es im Wasser. Ich spüre es in der Erde. Ich rieche es in der Luft.“ Galadriel in JRR Tolkiens‘ Herr der Ringe.



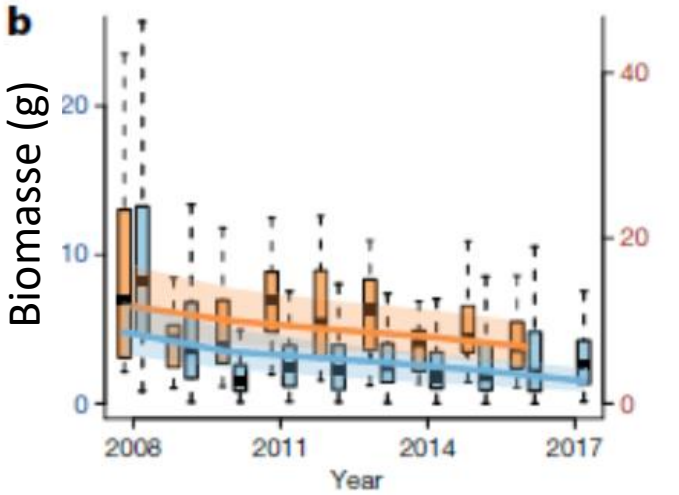
©acidburnblue

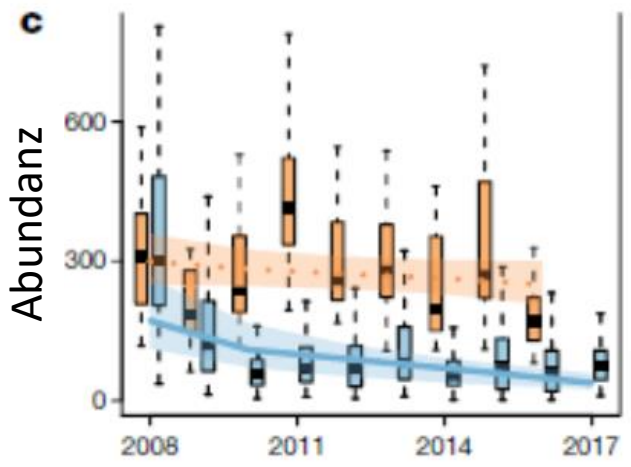
https://ojs.openagrar.de/index.php/Kulturpflanzenjournal/issue/view/2454

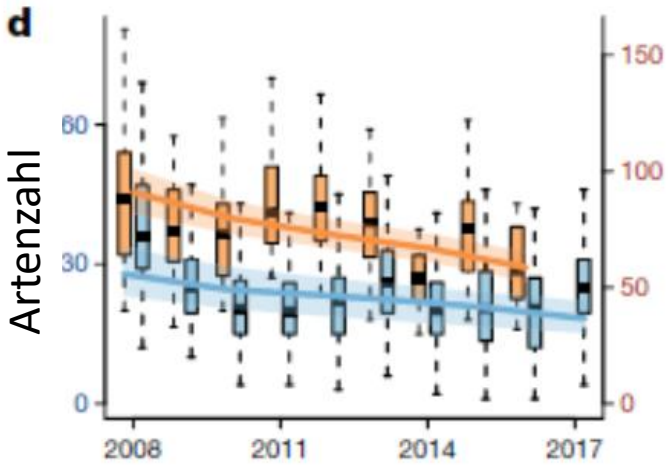
www.julius-kuehn.de

Herausforderungen landwirtschaftlicher Systeme

Rückgang an Arthropoden in Wald und Gründland







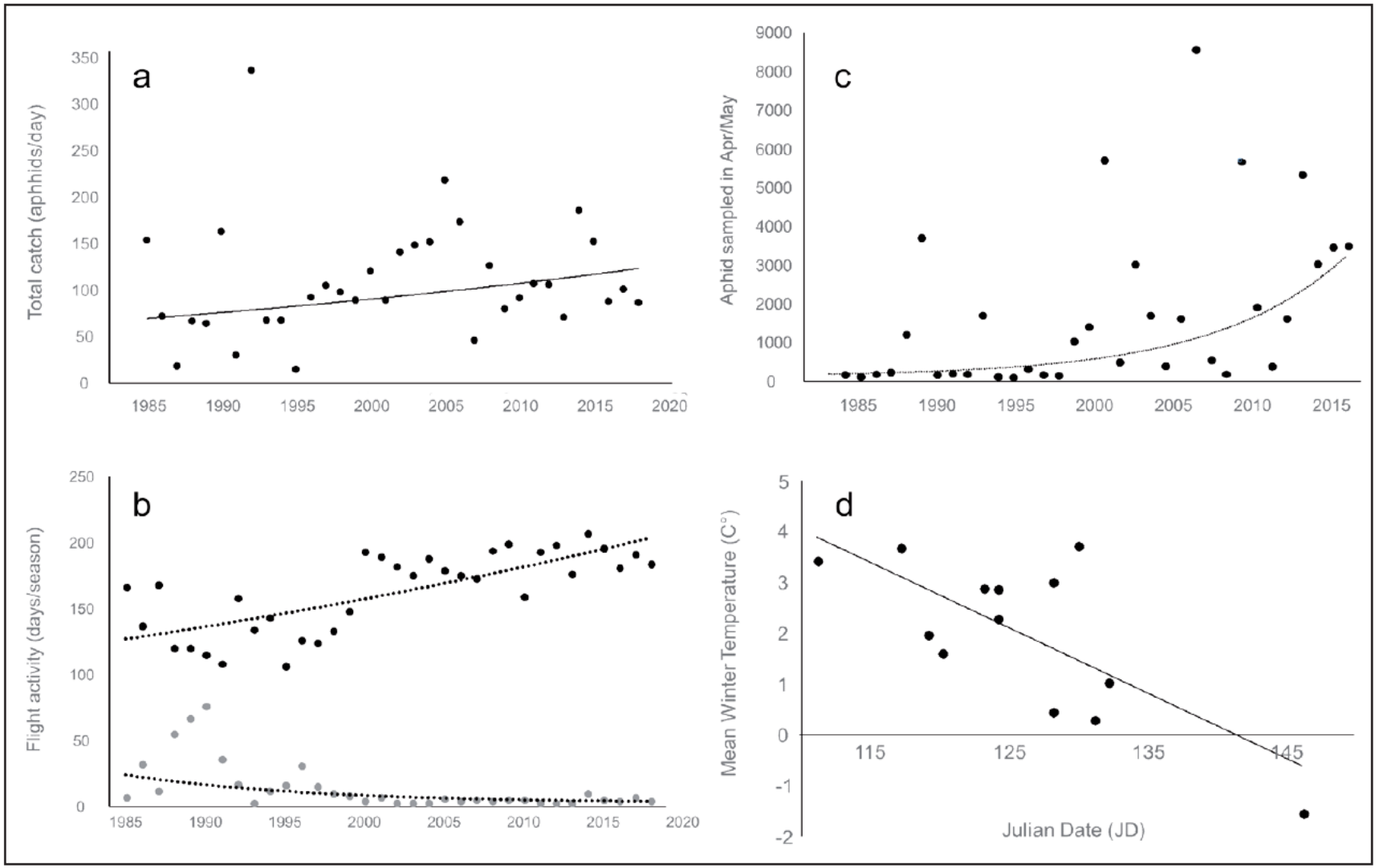
Zeitliche Trends in Arthropodengemeinschaften. Biomasse (b), Abundanz (c) und Artenzahl (d) von Arthropoden wurden an 30 Wald (orange)- und 150 Grünlandstandorten (blau) in Deutschland erfasst.

Seibold et al. Nature (2019) https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3

Studien zum Rückgang von Arthropoden in Deutschland (Forst, Grasland) und Blattläusen sowie Motten in England zeigen periodische, räumliche und gattungsspezifische Schwankungen.

Herausforderungen landwirtschaftlicher Systeme

Zunahme an Schaderregern: Blattläuse



Ziesche et al., et al., 2020

www.julius-kuehn.de

Herausforderungen landwirtschaftlicher Systeme

Auswertung von Erhebungen schwierig

C. Joachim

KI basierte Auswertung von Massenfängen

Zunahme an Schaderregern: Blattläuse

Erste vielversprechende Ansätze

- Automatische Erkennung und Klassifizierung (Chen et al. 2017)
- Massenfang-Analysen (Valan et al. 2019)
- Bisher oft nur Unterscheidung optisch sehr abgegrenzter Arten
- Digitale Gelbschalen im Raps (Bayer – DigitalYellowTrap; BASF - Xarvio)

Blattläuse

- Klassifikation Geflügelte/Ungeflügelte/Nymphen Traubenkirschenlaus (Lins et al. 2020)
- Eigene Voruntersuchungen
  - Segmentierung einzelner Körperteile

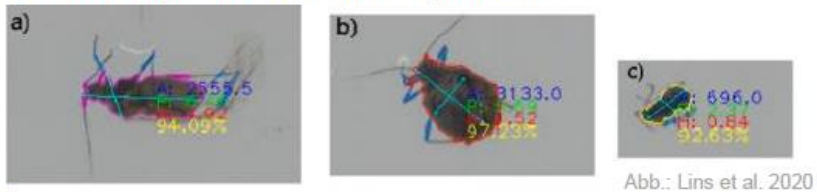


Abb.: Lins et al. 2020

Foto: BASF

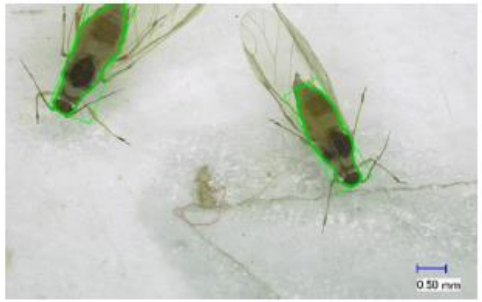


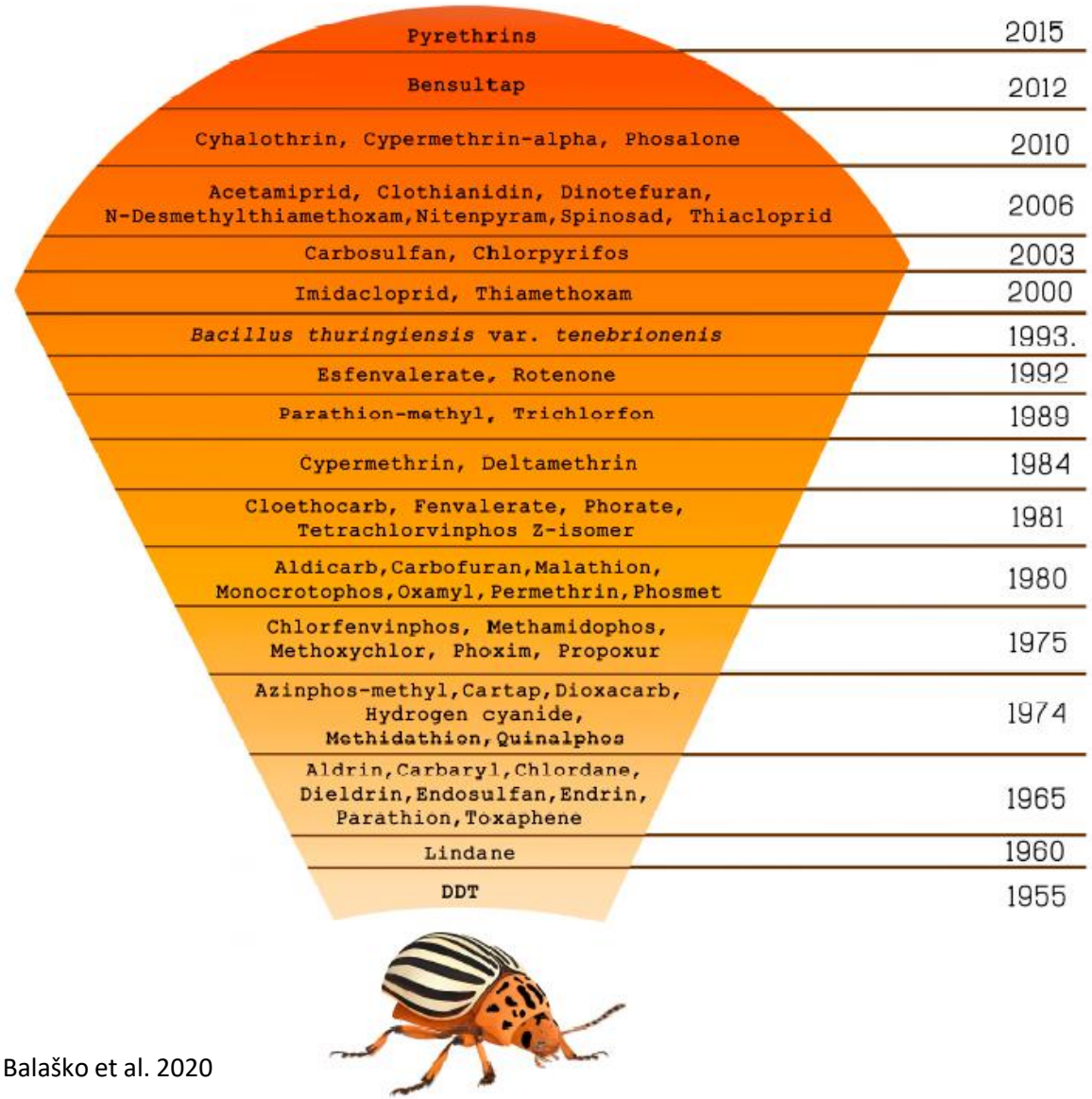
Abb.: ALM

C. Joachim

Gefördert durch
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Projektträger
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Herausforderungen landwirtschaftlicher Systeme

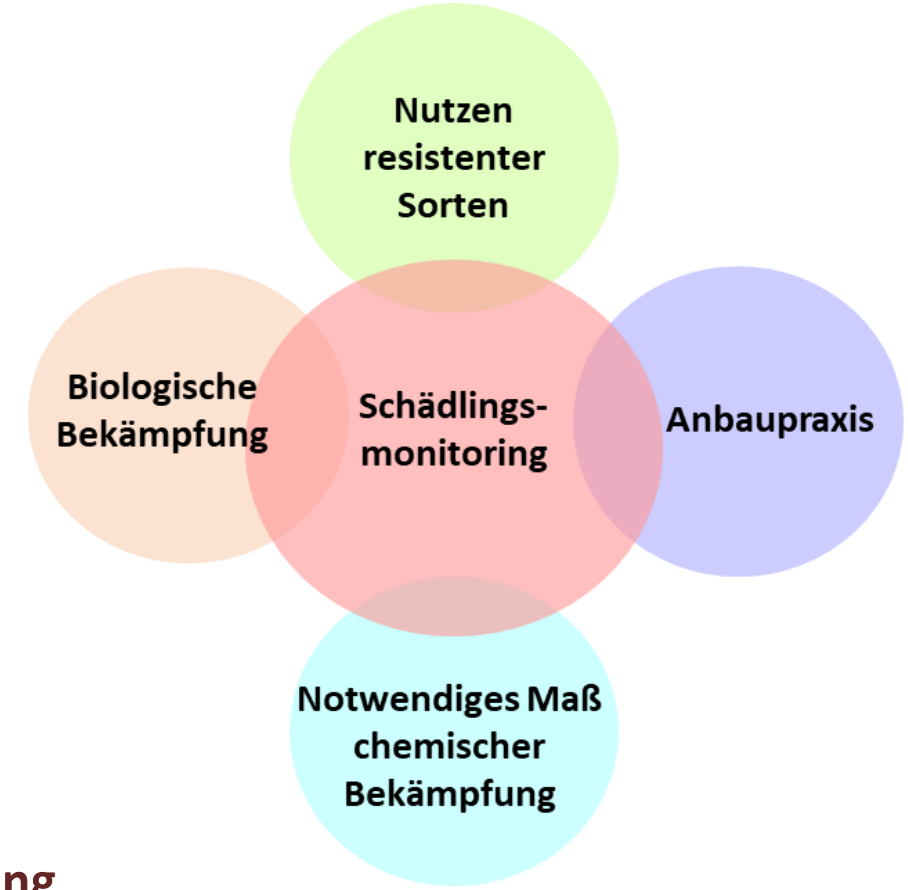
Resistenzentwicklung gegen Insektizide am Beispiel des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata*)



Kadoić Balaško et al. 2020

Begegnung der Herausforderungen zukünftiger landwirtschaftlicher Systeme durch Integrierten Pflanzenschutz (IPS)

Vorbeugung

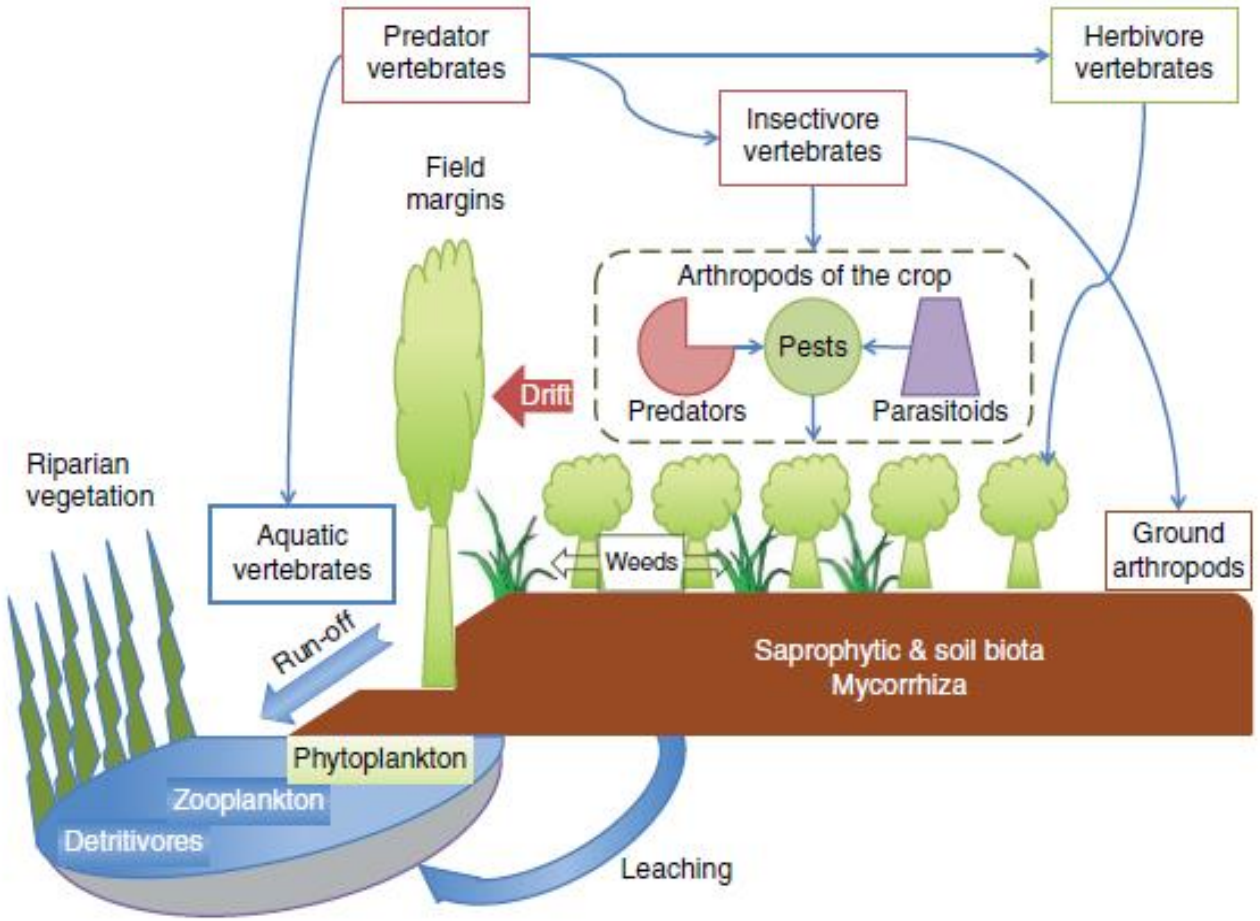


Unterdrückung

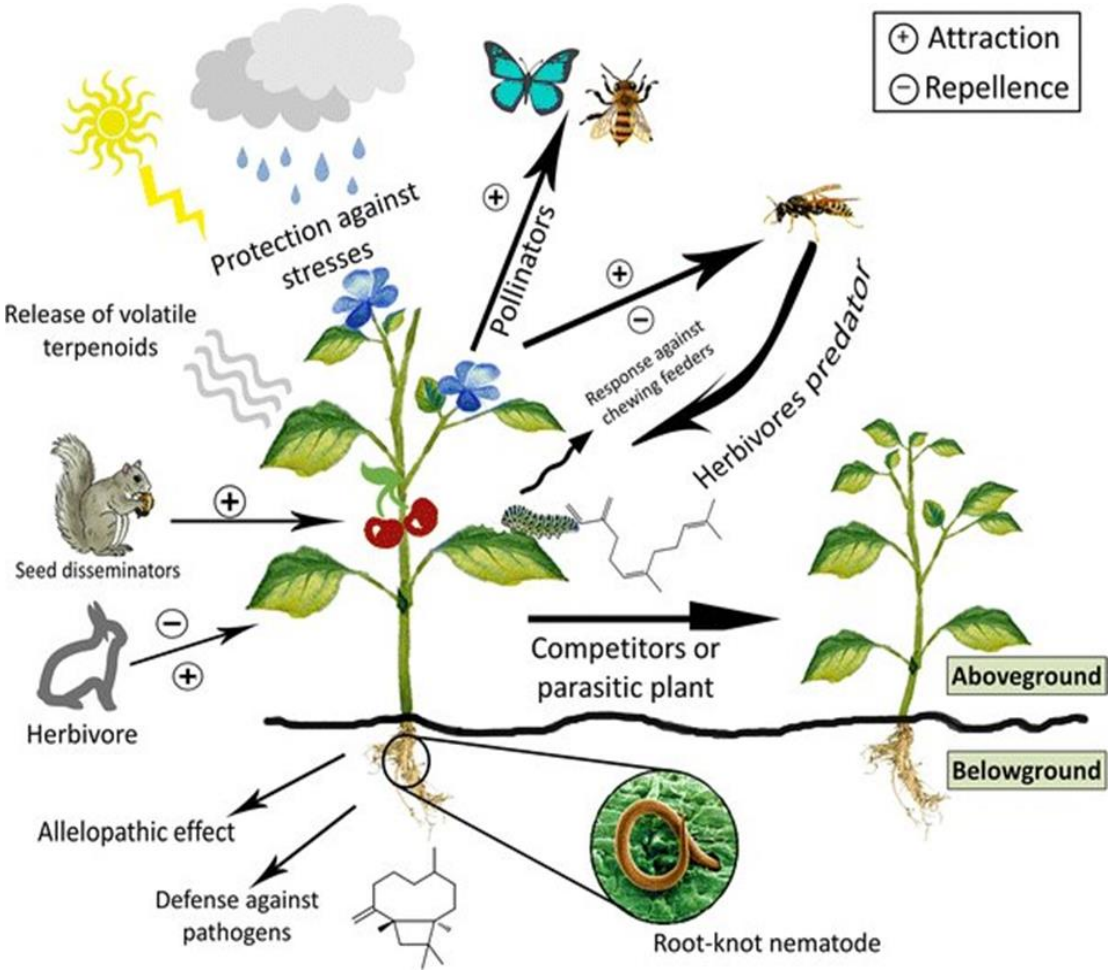
Verändert nach Maharijaya & Vosman (2015) Euphytica 204:487–501.

Begegnung der Herausforderungen zukünftiger landwirtschaftlicher Systeme durch Integrierten Pflanzenschutz (IPS)

Welche übergeordneten Ziele verfolgt der Integrierte Pflanzenschutz?



Francisco Sanchez-Bayo (2017)
Effects of Chemical Control on the Environment



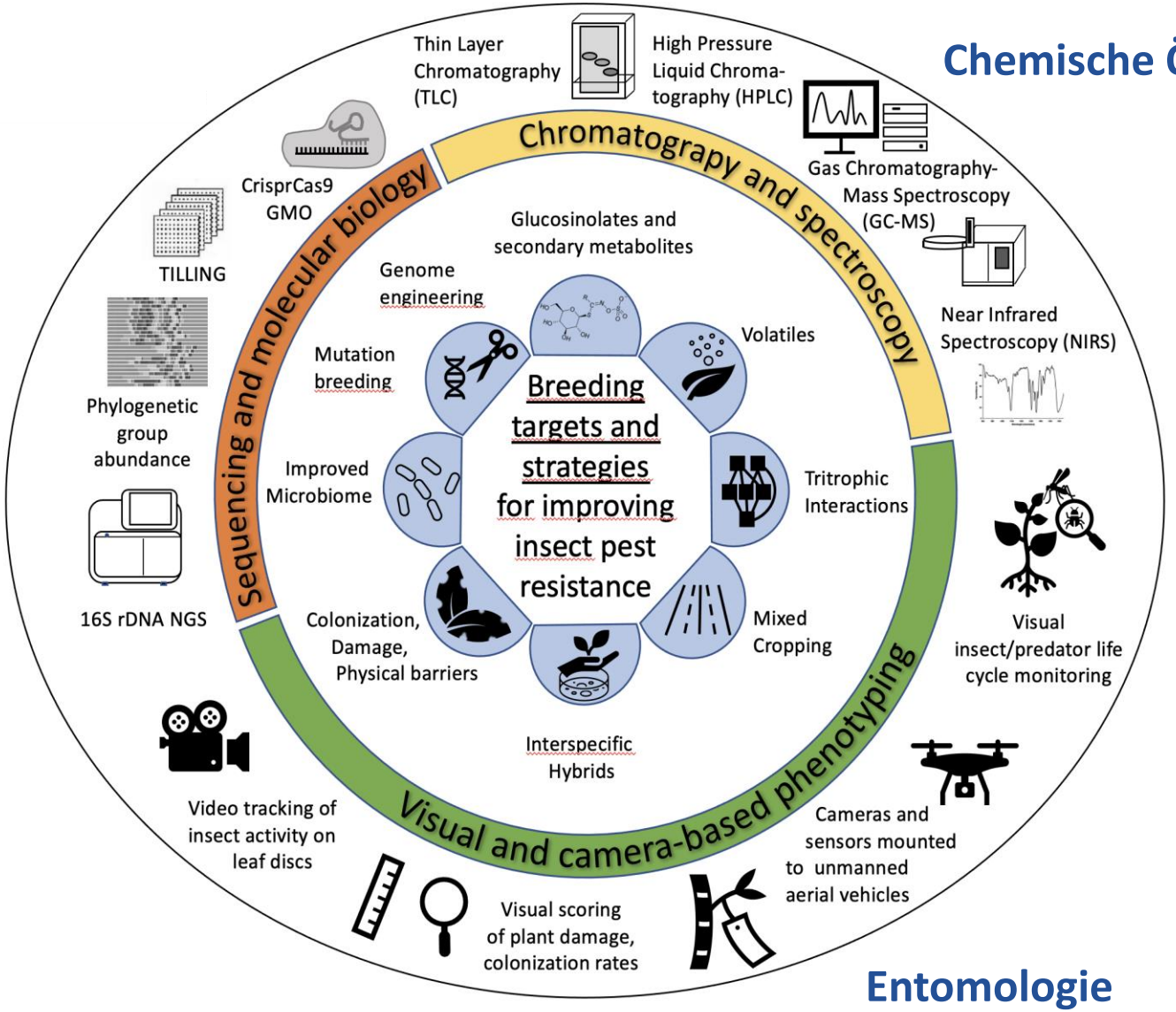
Abbas et al. 2017 Planta

www.julius-kuehn.de

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0

Chemische Ökologie

Pflanzenzüchtung

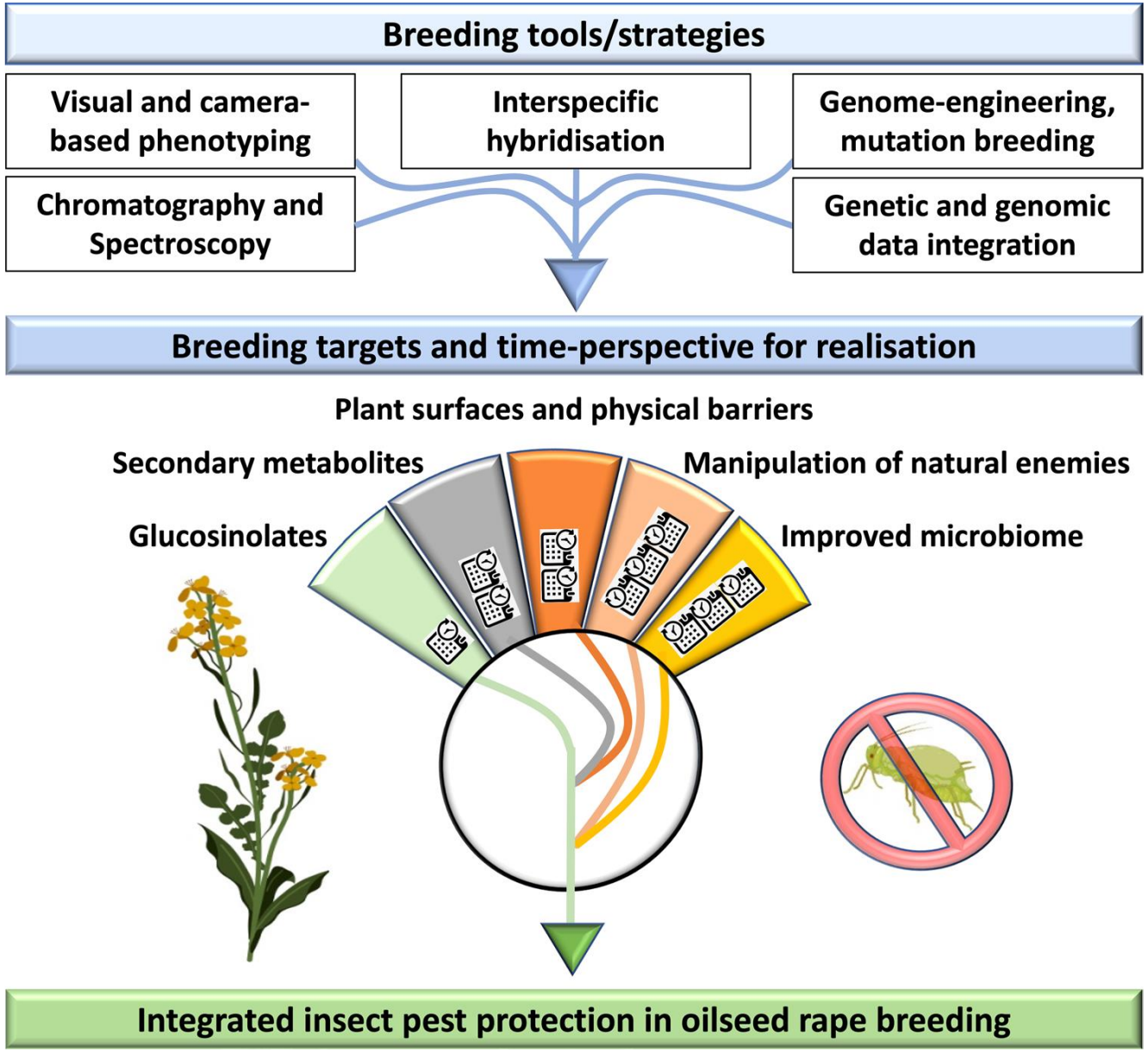


Entomologie

Obermeier et al. 2022,
Theoretical and Applied Genetics

www.julius-kuehn.de

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung



Perspectives for integrated insect pest protection in oilseed rape breeding

Obermeier et al. 2022,
Theoretical and Applied Genetics

Chemisch-ökologische Ansätze in den Bereichen Züchtungsforschung und Pflanzenschutz

- Screening nach und Einbeziehung multipler Resistenz gegen verschiedene Pathogene/tier. Schaderreger mittels neuer Phänotypisierungstechniken
- Screening von Genbank-Akzessionen/Pflanzensammlungen auf **„Ansprache“** gegenüber z.B. Priming-Agentien (inkl. Bakterien/Pilze)
- Einfluss von Virusbefall und Resistenz auf VOC Zusammensetzung und die Konsequenz für Virusausbreitung

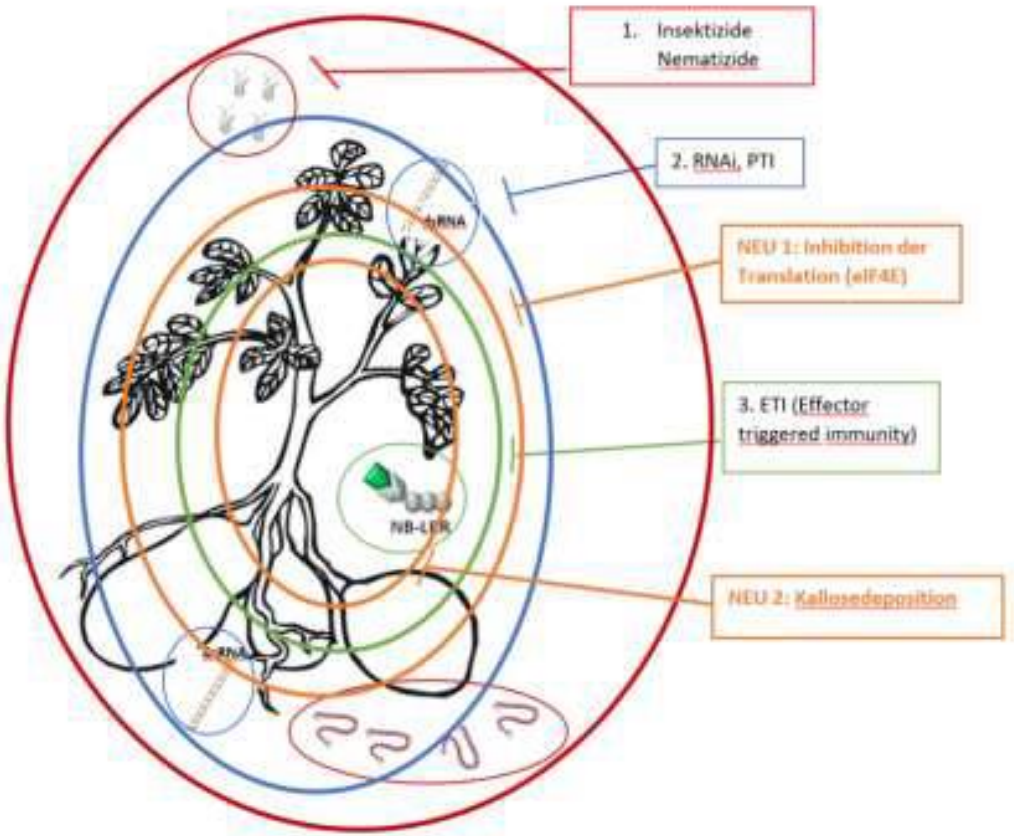
Adding layers of protection to gain a resistant status against *M. chitwoodi*, PLRV, PVY & TRV (ADLATUS)

Laura Draack, Janine König, Torsten Will

Gefördert durch
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
Projektträger
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Partner

1. Böhm-Nordkartoffel Agrarproduktion GmbH & Co. OHG
2. WWU Münster (Inst. für Biologie und Biotechnologie der Pflanzen)
3. Fraunhofer-IME (Molekularbiologie und angewandte Ökologie)
4. JKI EP und ZG



Im Projekt »ADLATUS« soll für die Nutzpflanze Kartoffel ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt werden, der durch die züchterische Kombination rezessiver Wirtsfaktoren mit bestehenden Abwehrmechanismen eine unmittelbare Reaktion der Pflanze auf neue und/oder sich verändernde Schadorganismen (Viren, Nematoden, Blattläuse) ermöglicht

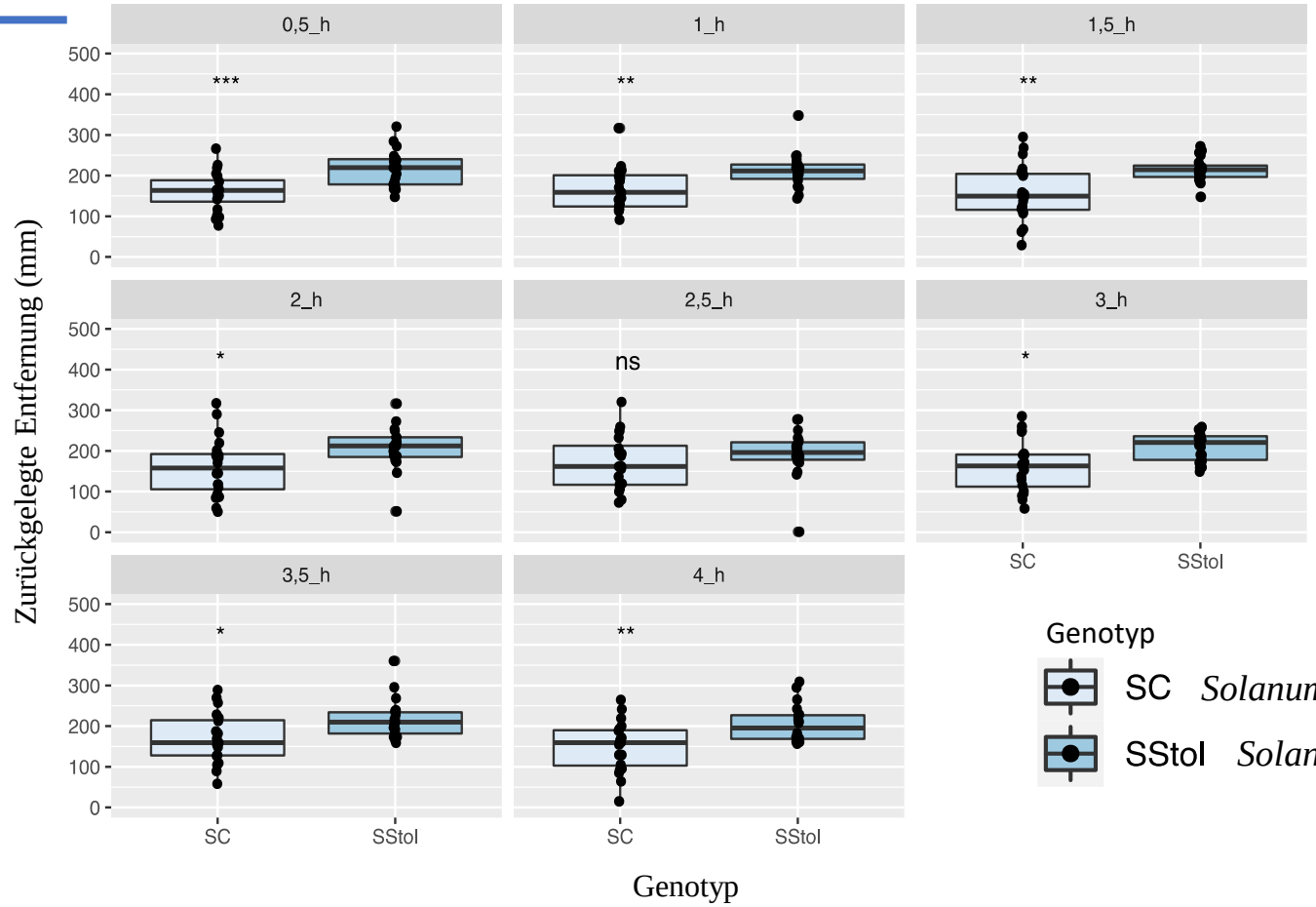
Adding layers of protection to gain a resistant status against *M. chitwoodi*, PLRV, PVY & TRV (ADLATUS)

Julius Kühn-Institut

Methode

A. Aufsicht auf die Blattläuse auf Blattscheiben.

B. Subjektdetektion durch die Software EthoVisionXT



Genotyp

SC *Solanum tuberosum* cv.

SStol *Solanum stoloniferum*

Die Abbildung zeigt für einen Vorversuch die zurückgelegte Entfernung von *M. persicae* in 4 Stunden (20 N/Genotyp).

Der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test zeigt für die moisten Zeitpunkte einen signifikanten Unterschied in der Tieraktivität auf verschiedenen Pflanzengenotypen (ns nicht signifikant, * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$).

L. Draack et al., unpubl.

Chemisch-ökologische Ansätze in den Bereichen Züchtungsforschung und Pflanzenschutz

- Screening nach und Einbeziehung multipler Resistenz gegen verschiedene Pathogene/tier. Schaderreger mittels neuer Phänotypisierungstechniken
- Screening von Genbank-Akzessionen/Pflanzensamm-lungen auf **„Ansprache“** gegenüber z.B. Priming-Agentien (inkl. Bakterien/Pilze)
- Einfluss von Virusbefall und Resistenz auf VOC Zusammensetzung und die Konsequenz für Virusausbreitung

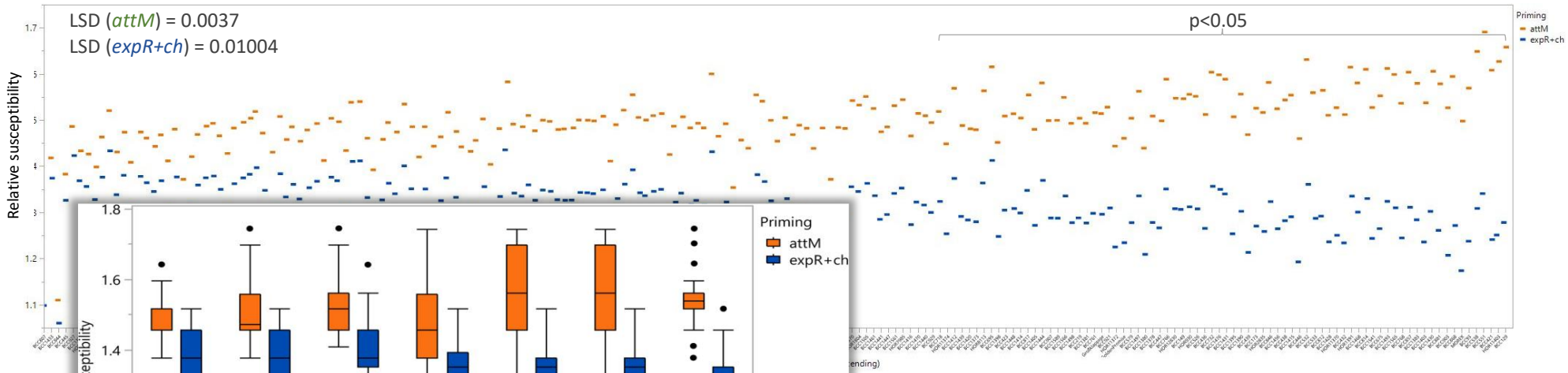
Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Priming

Was ist Priming?

Pflanzen können einem oder mehreren abiotischen und biotischen Stressfaktoren ausgesetzt sein, zum Beispiel rauen Umweltbedingungen oder Krankheitserregern. Daher sind wirksame Abwehrstrategien unerlässlich. Priming kann die natürliche Widerstandsfähigkeit der Pflanze verbessern. Es versetzt die Pflanze in die Lage, schneller und stärker auf eine Stresssituation zu reagieren. Eine so vorbereitete Pflanze hat also einen Fitnessvorteil gegenüber einer unbedarften Pflanze.

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Priming

Priming am Beispiel Gerste und *Puccinia hordei*



BCC1589

Golden Promise

BCC436

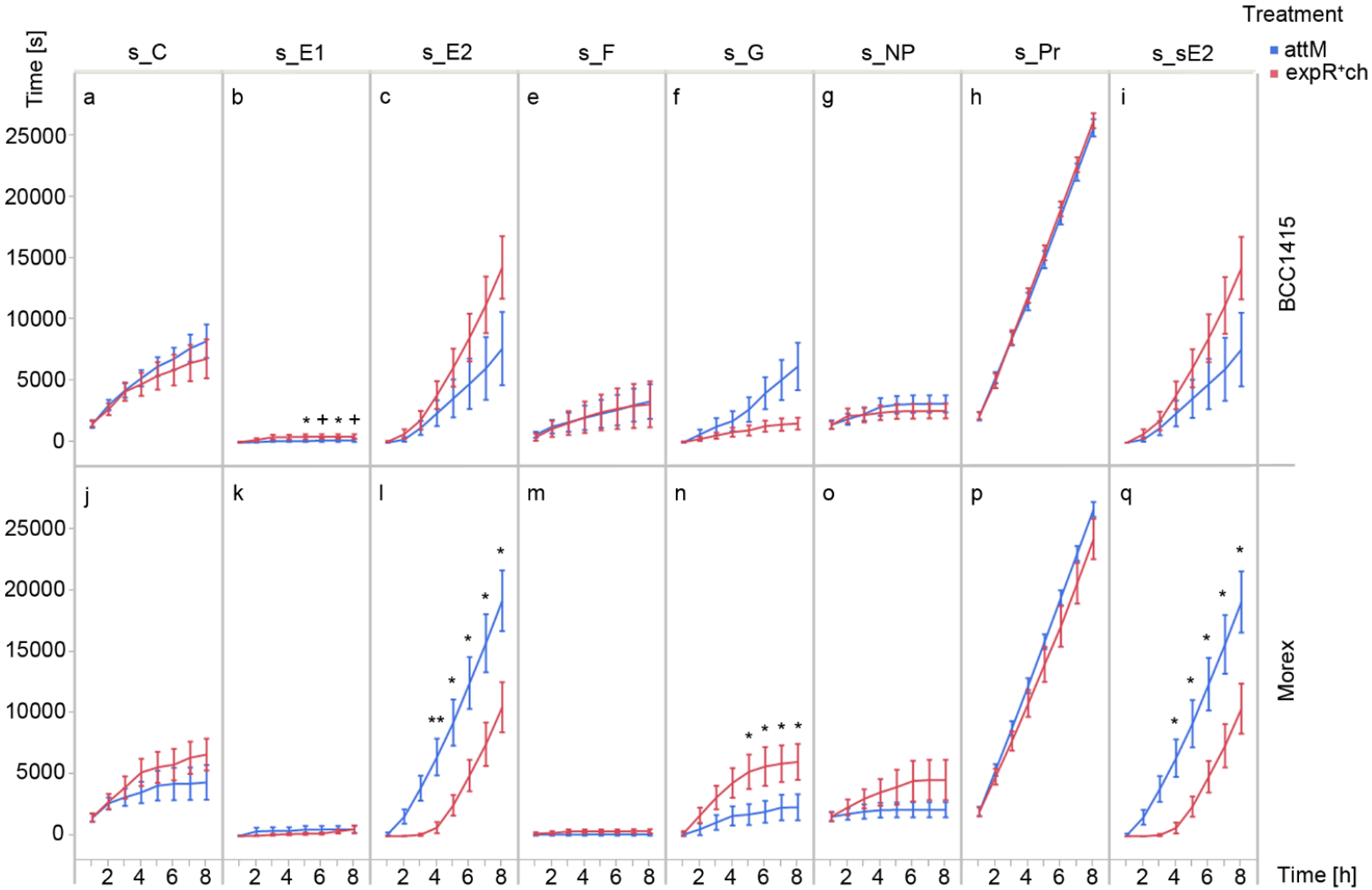
BCC1415
BCC768

Morex

Wehner et al. 2019, Phytobiomes

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Priming

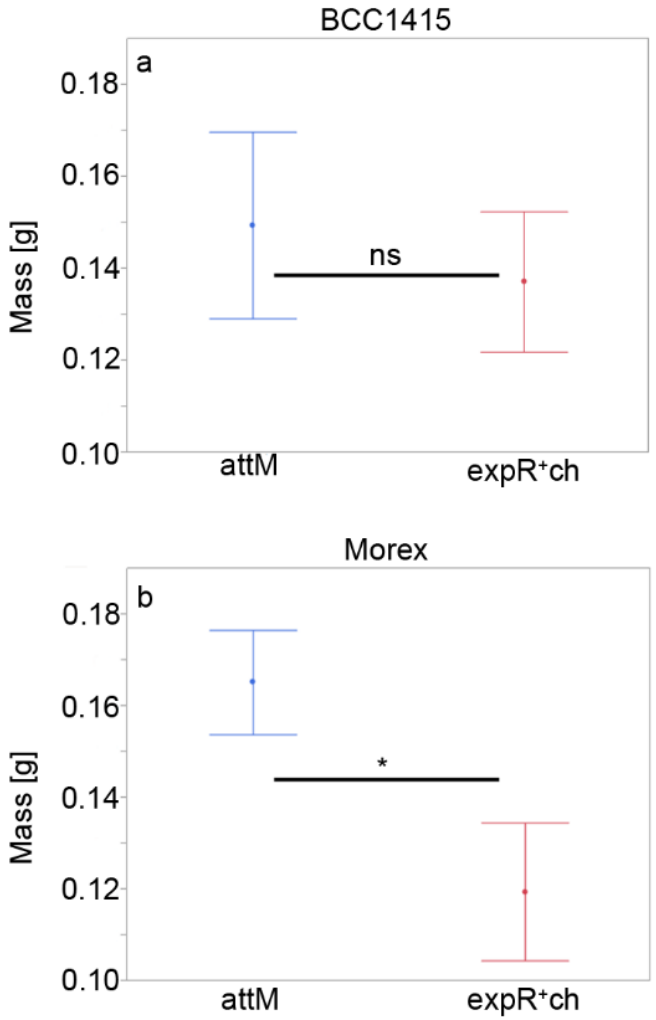
Priming für die Kontrolle von Blattläusen



Wehner et al., Journal of Pest Science volume 94, pages 1237–1247 (2021)

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Priming

Priming für die Kontrolle von Blattläusen



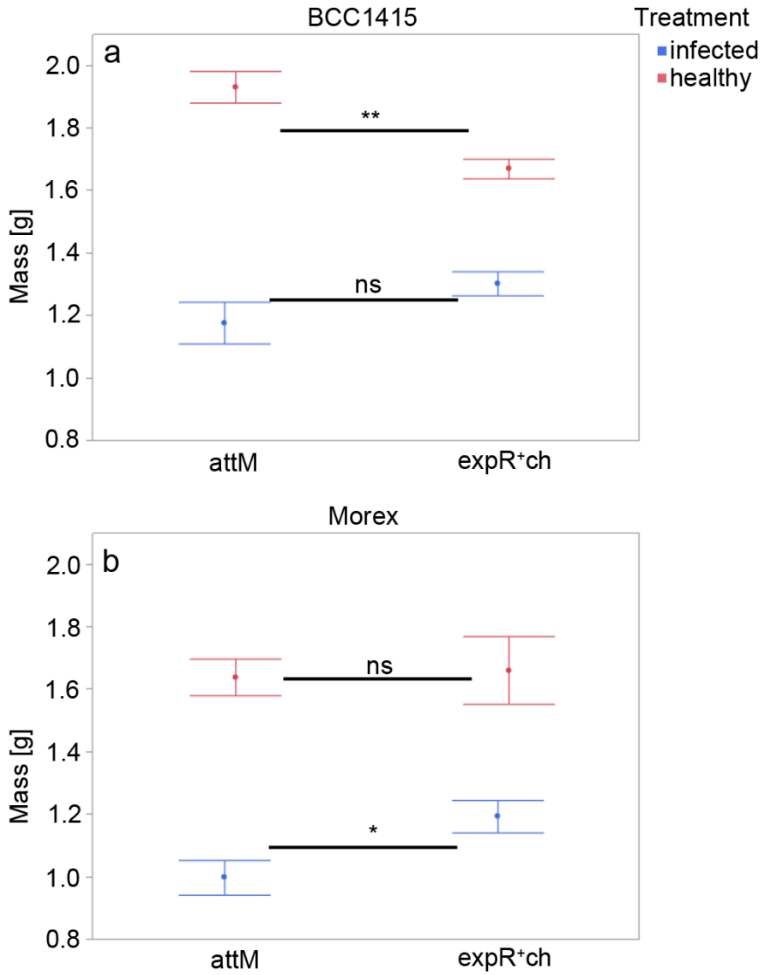
Aufbau von Blattlausbiomasse auf Kontroll- und grundierten Pflanzen.

Die Biomasse von R. padi wurde 40 dai gemessen, während derer sich die Blattläuse ohne jegliche Kontrolle vermehren konnten. Der t-Test wurde für den Vergleich der Behandlungen innerhalb der jeweiligen Gerstengenotypen BCC1415 (a) und Morex (b) mit $p < 0,05$ verwendet. Die Fehlerbalken geben den Standardfehler an.

Wehner et al., Journal of Pest Science volume 94, pages 1237–1247 (2021)

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Priming

Priming für die Kontrolle von Blattläusen



Pflanzenbiomasse von Kontroll- und grundierten Pflanzen mit und ohne Blattlausbefall. Die Pflanzenbiomasse wurde 40 dai mit R. padi gemessen, während der sich die Blattläuse ohne jegliche Kontrolle vermehren konnten. Der t-Test wurde für den Vergleich der Behandlungen innerhalb der jeweiligen Gerstengenotypen BCC1415 (a) und Morex (b) mit $p < 0,05$ verwendet. Die Fehlerbalken geben den Standardfehler an.

Wehner et al., Journal of Pest Science volume 94, pages 1237–1247 (2021)

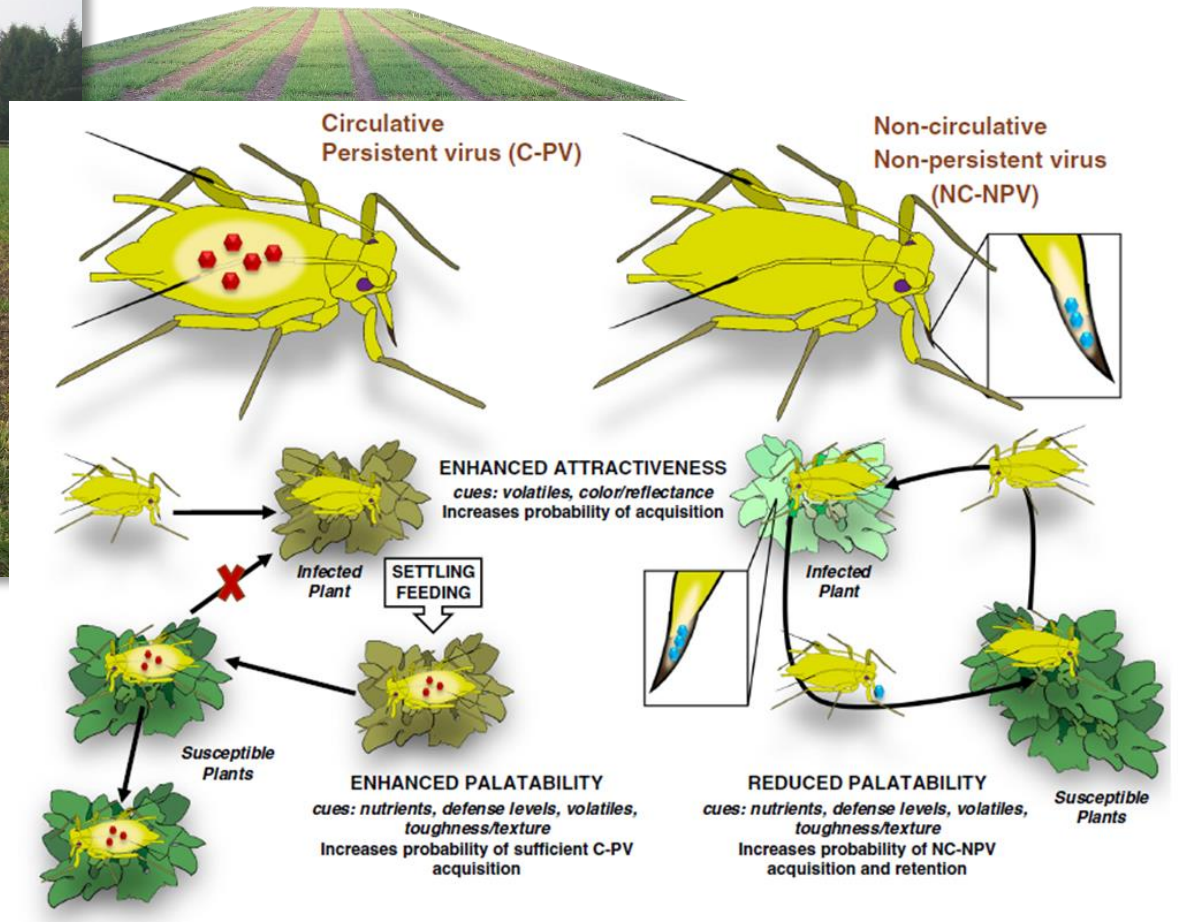
Chemisch-ökologische Ansätze in den Bereichen Züchtungsforschung und Pflanzenschutz

- Screening nach und Einbeziehung multipler Resistenz gegen verschiedene Pathogene/tier. Schaderreger mittels neuer Phänotypisierungstechniken
- Screening von Genbank-Akzessionen/Pflanzensammlungen auf **„Ansprache“** gegenüber z.B. Priming-Agentien (inkl. Bakterien/Pilze)
- Einfluss von Virusbefall und Resistenz auf VOC Zusammensetzung und die Konsequenz für Virusausbreitung

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0

Funktion chemischer Diversität in multitrophischen Interaktionen und Agrarökosystemen: Blattläuse und BYDV

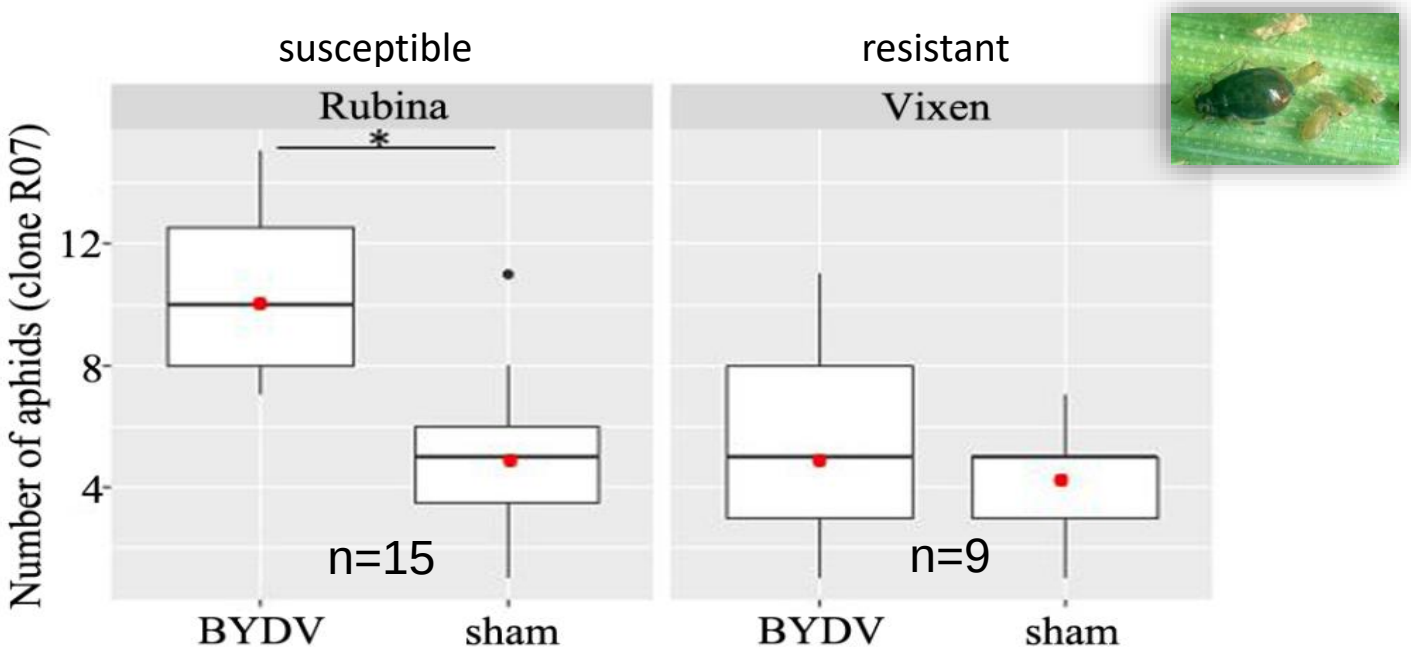
A. Habekuss



Mauck, Current Opinion in Virology 2016, 21:114–123

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0

Funktion chemischer Diversität in multitrophischen Interaktionen und Agrarökosystemen: Blattläuse und BYDV

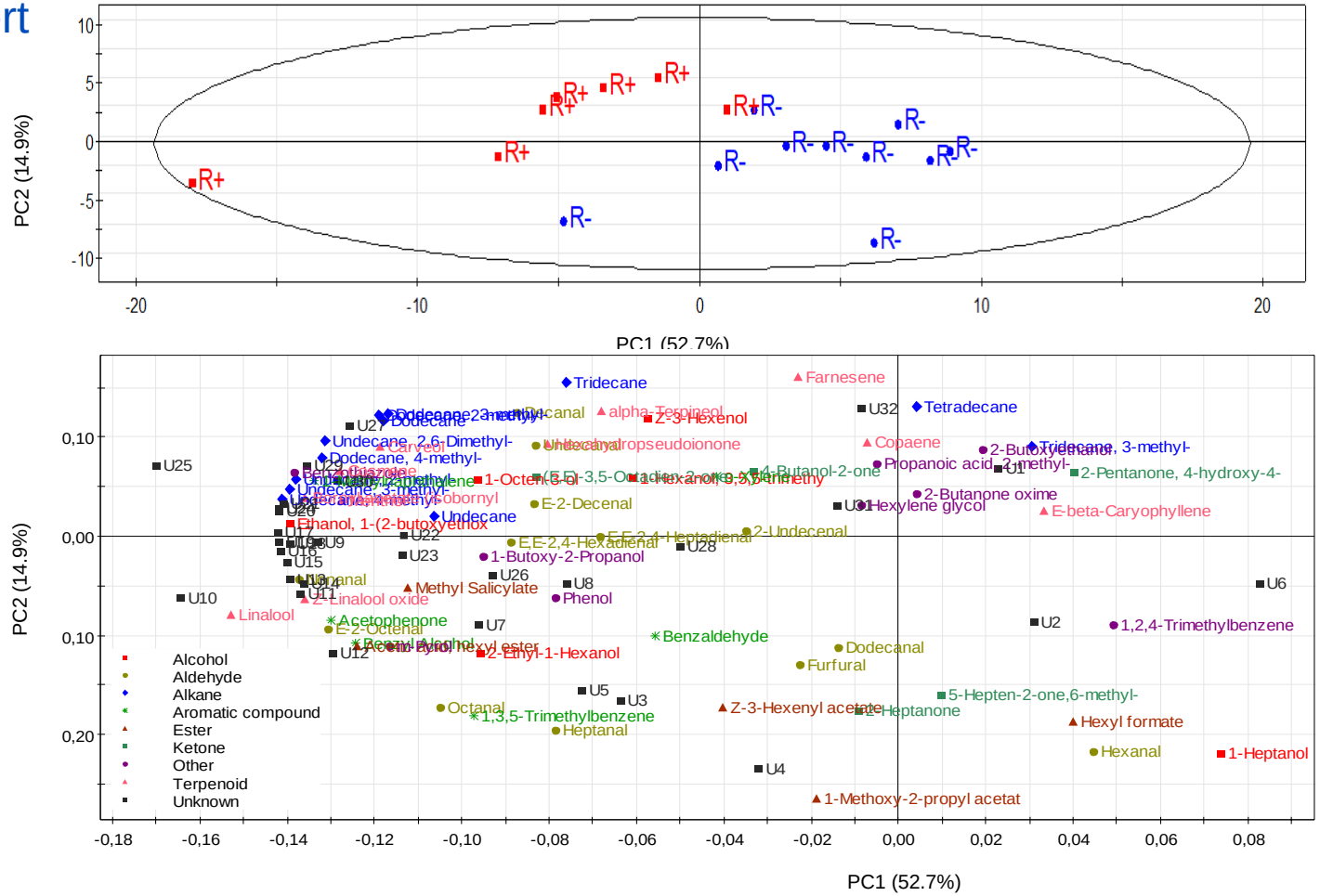


Kern, M.; Meiners, T.; Schliephake, E.; Habekuß, A.; Ordon, F.; Will, T. (2021) Journal of Pest Science .

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0

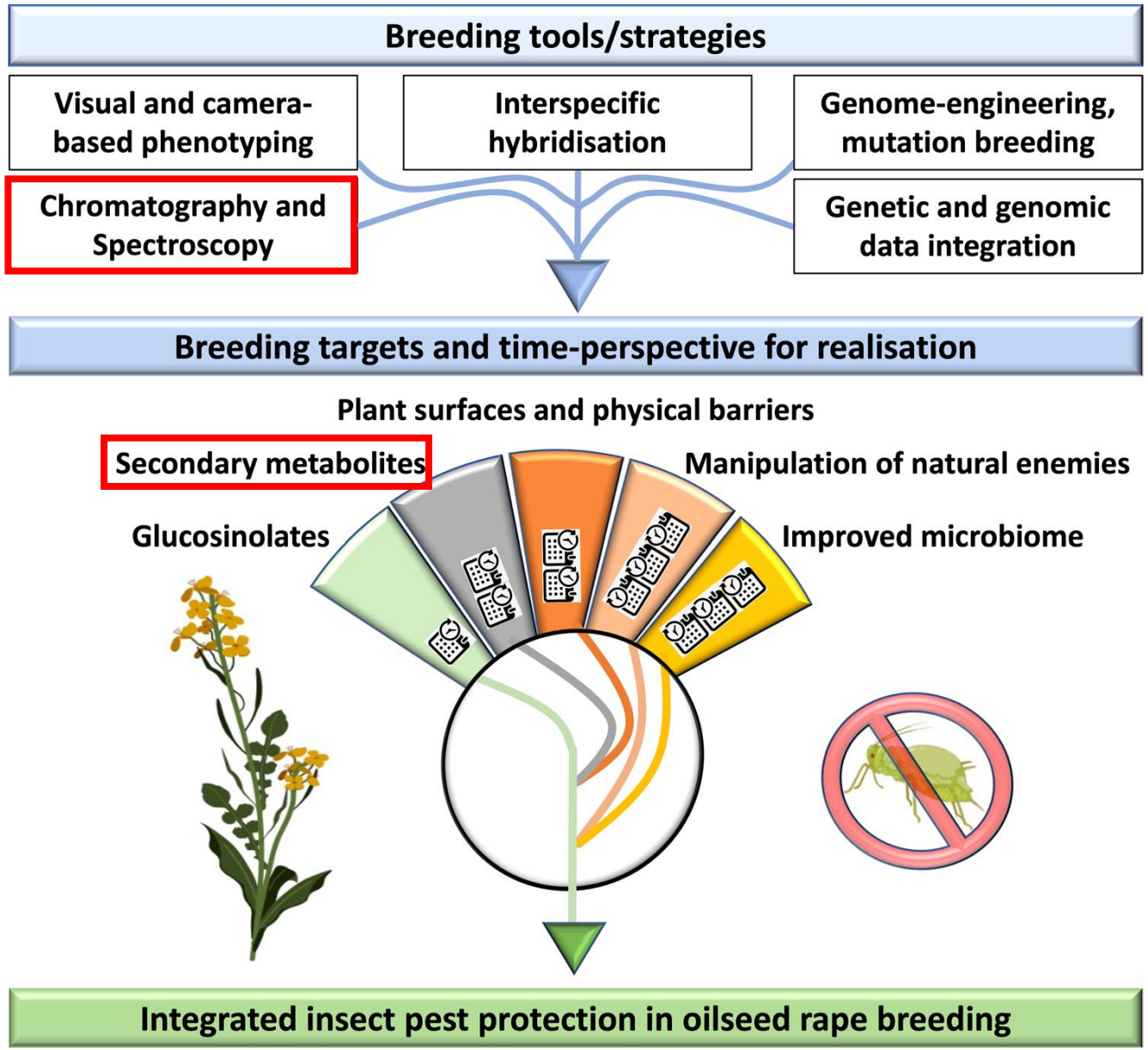
Funktion chemischer Diversität in multitrophischen Interaktionen und Agrarökosystemen: Blattläuse und BYDV

- Sorte Rubina nicht-infiziert
- Sorte Rubina infiziert
- Headspace-Sampling



Kern, M.; Meiners, T.; Schliephake, E.; Habekuß, A.; Ordon, F.; Will, T. (2021) Journal of Pest Science .

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung



Perspectives for integrated insect pest protection in oilseed rape breeding

Obermeier et al. 2022,
Theoretical and Applied Genetics

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung

Metabolitenprofil-Analysen

CHEMOEKORAPS

FKZ 22005213

2219NR153
2219NR427

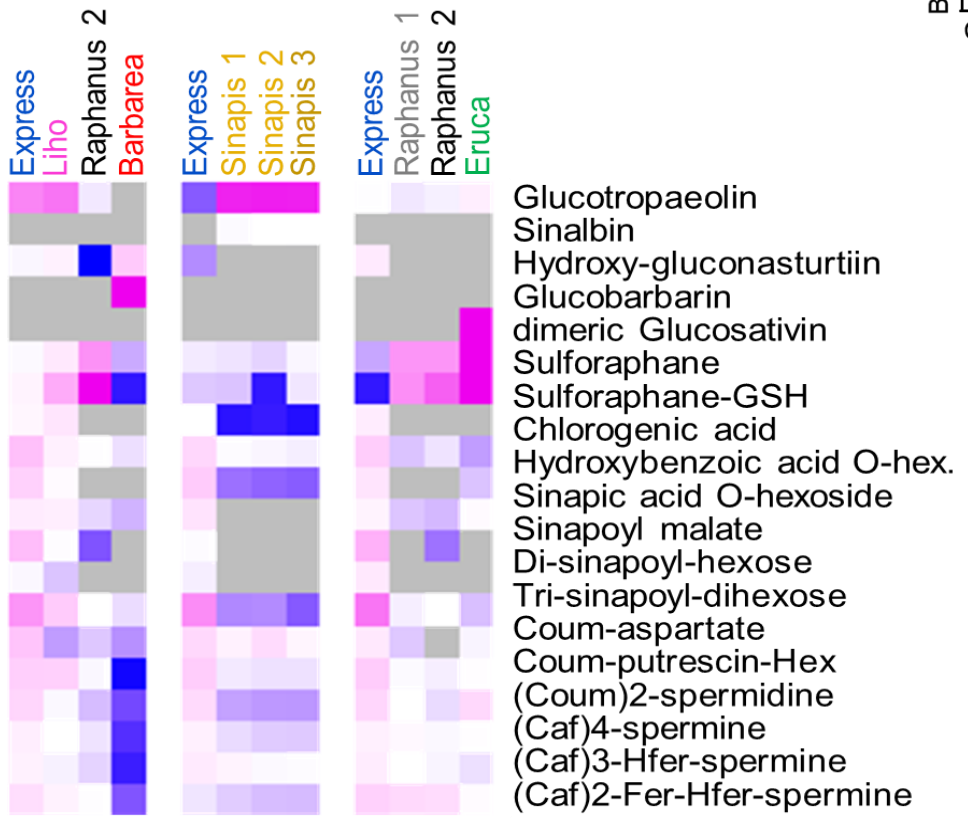
Gefördert durch:
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

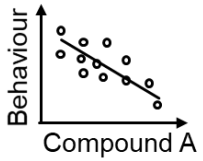
CHEMOEKOTRANS

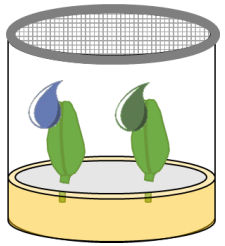
Introgression von Insekten-Resistenz aus *Sinapis alba* und *Eruca sativa* in Raps:
Resistenz-Züchtung gegen Rapsglanzkäfer

Fraßpräferenz

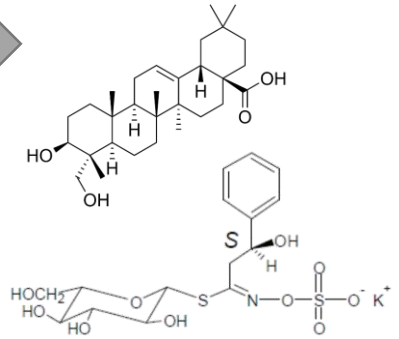
24 verschiedene Akzessionen & Arten







chemische Biomarker



GFPi

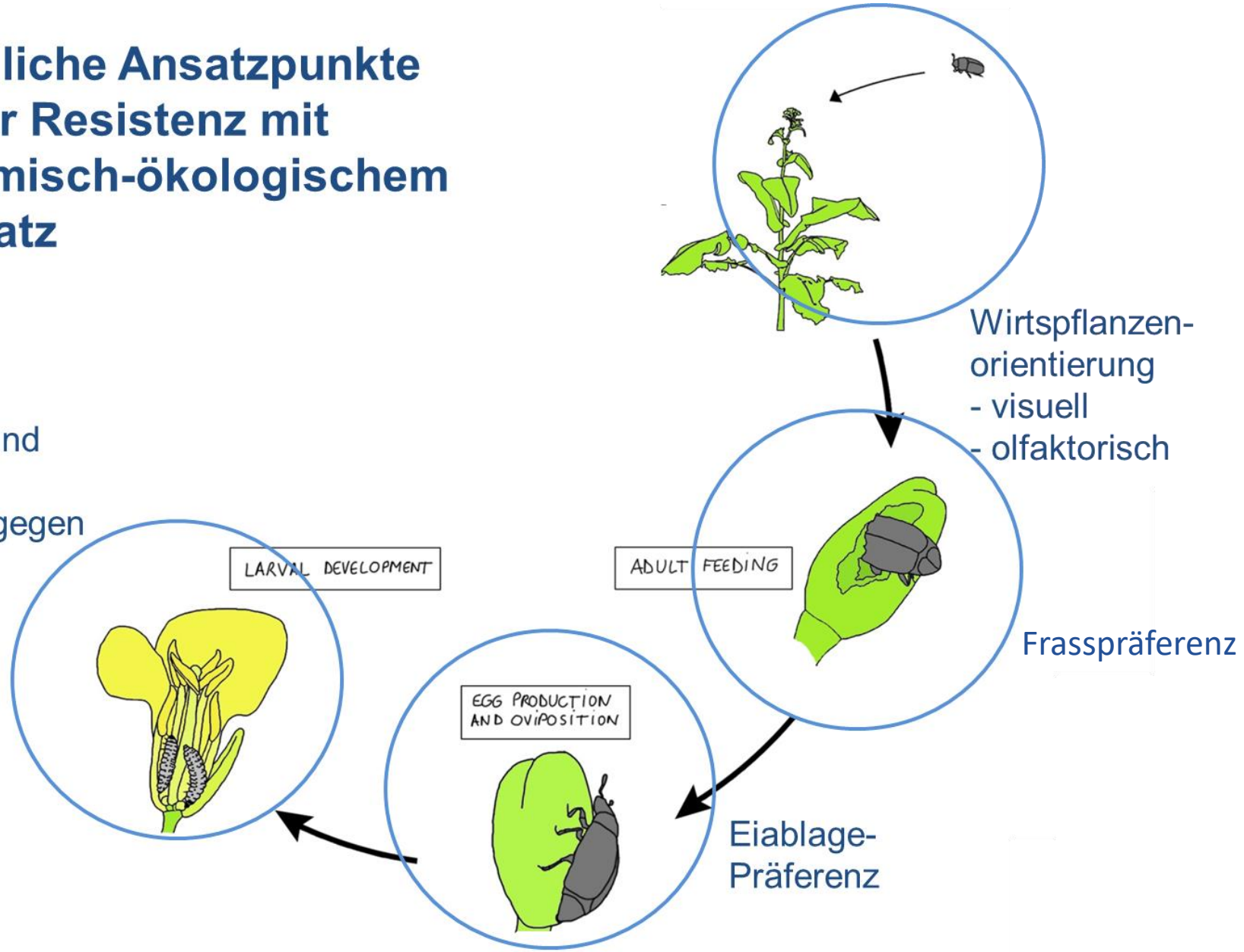
OE 155-20

Austel et al. 2021, Plant, Cell & Environment

www.julius-kuehn.de

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung

Mögliche Ansatzpunkte einer Resistenz mit chemisch-ökologischem Ansatz



Rapsglanzkäfer

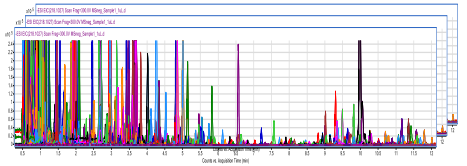
Modifiziert nach Hervé & Cortesero 2016, Jönsson et al. 2007

Resistenz gegen Rapsglanzkäfer
- Projekt CHEMOEKORAPS

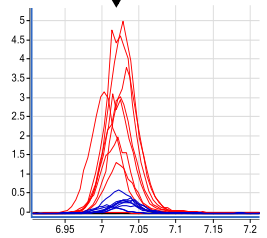
Verhaltensparameter Rapsglanzkäfer	Akzession Screening	Duftstoff- und Metabolom-Analysen	Resistenz

Fraßpräferenz

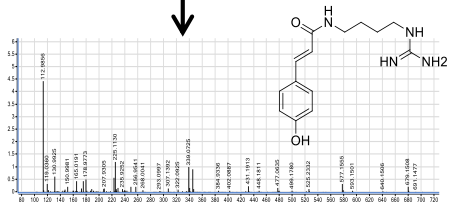
24 versch. Sorten und Arten



Metabolitenprofile

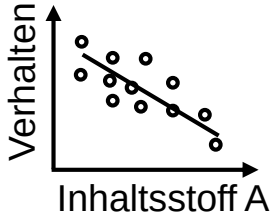


Unterschiedliche Signale

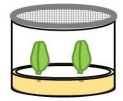


Strukturanalyse

Negative Korrelation zum Verhalten



Bioaktivitätstests



Resistenz-Biomarker

Fraßpräferenz adulter Käfer

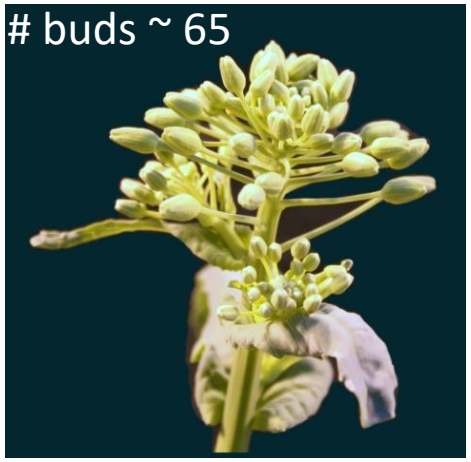
Kritische Unterschiede in den Akzessionen:

- unterschiedliche Größe der Blütenstände
- unterschiedliche Pflanzengrößen

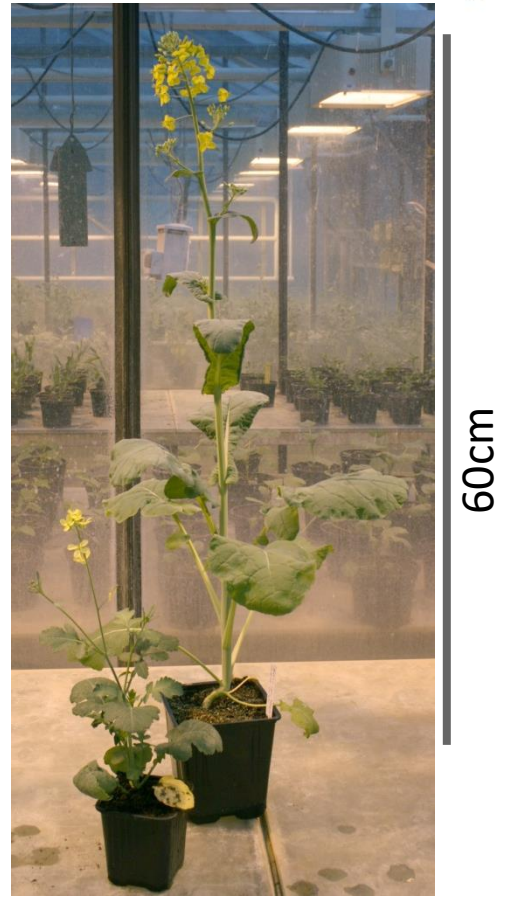
  → Normalisieren # der Käfer zur # Knopsen

  → Berechnen der # der pro Käfer gefressenen Knospen

B. fruticulosa



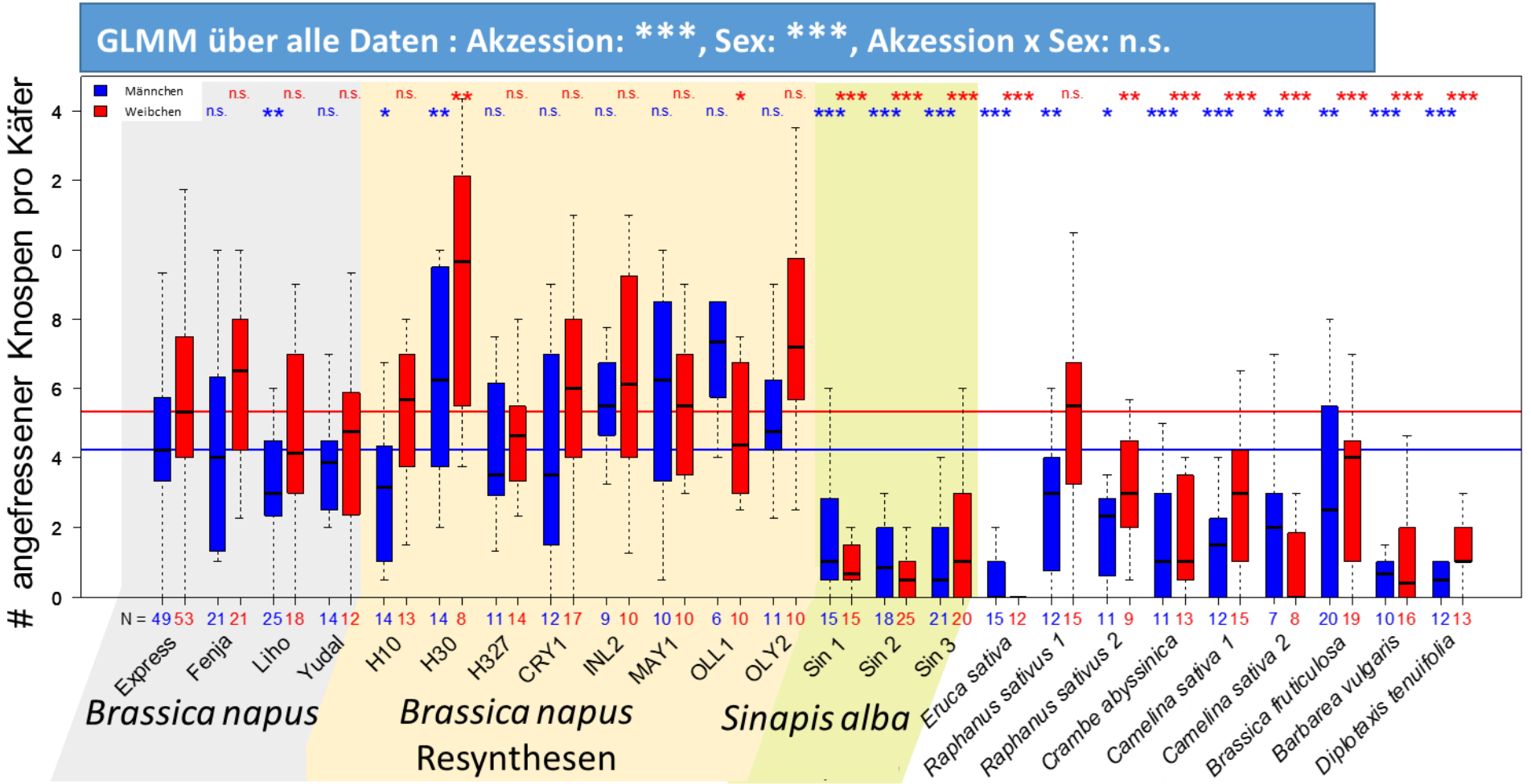
B. napus



B. napus

B. fruticulosa

Fraßpräferenzen adulter Käfer



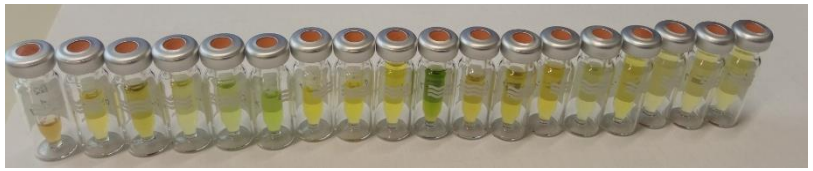
Austel et al. 2021, Plant, Cell & Environment

www.julius-kuehn.de

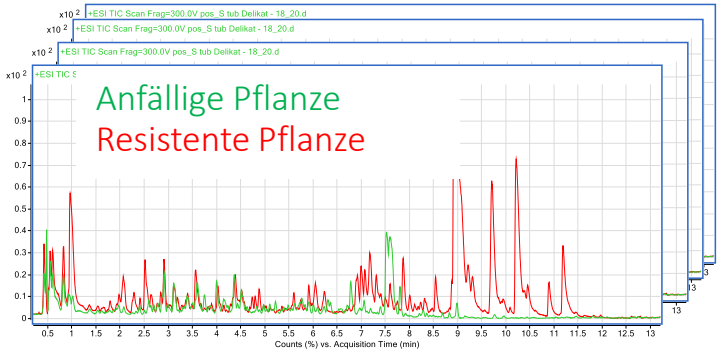
Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung

Anfällige Pflanzen **Resistente Pflanzen**

Extraktion Gewebe
(Blatt, Wurzel, Knospe…)

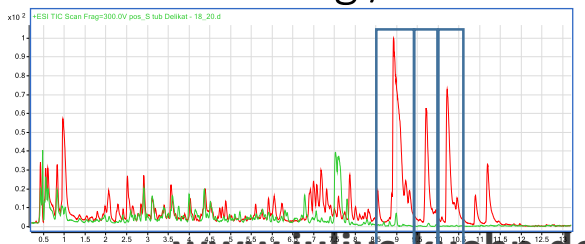


Analyse (HPLC-MS)
Detektion > 10.000 Signalen
(unbekannte Verbindungen) in
>100 Proben

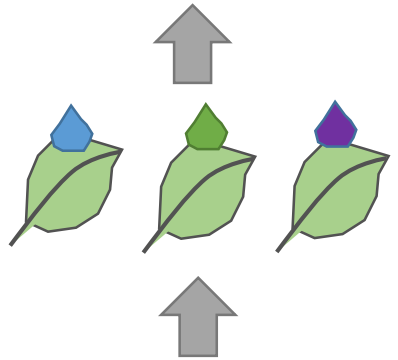


Diskriminierende Muster oder
Einzelsignale in resistenten
Pflanzen

PCA, PLSDA, RandomForest,
Cluster Analysen, T-Tests



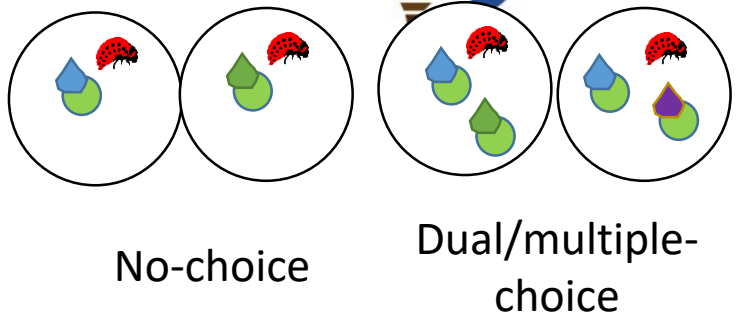
Fraktionierung / Isolation



Identifikation von
Metaboliten MS/MS

Metaboliten

als Resistenz-Marker zur effizienten Züchtung schädlingsresistenter Sorten

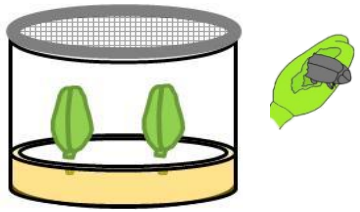


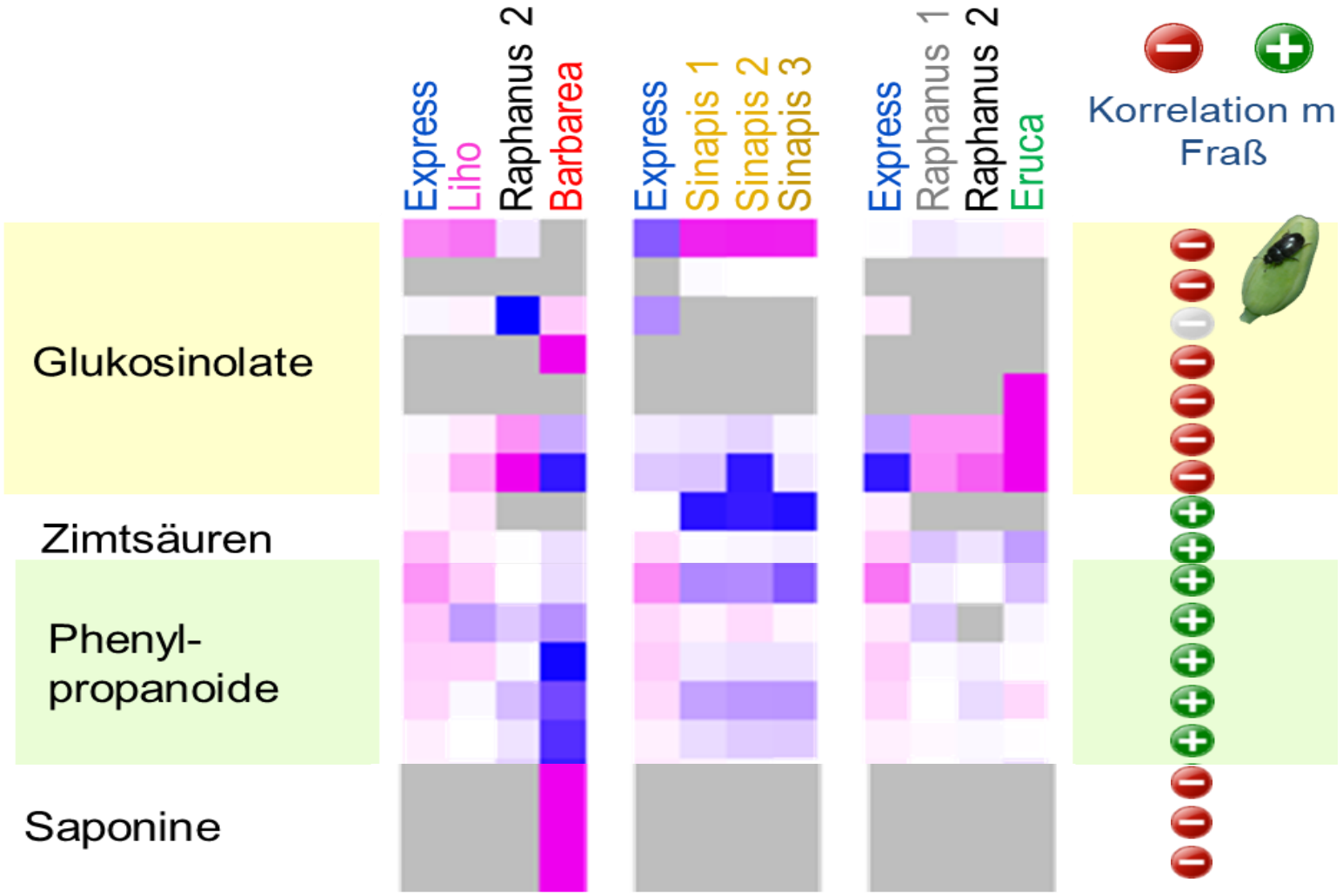
No-choice

Dual/multiple-choice

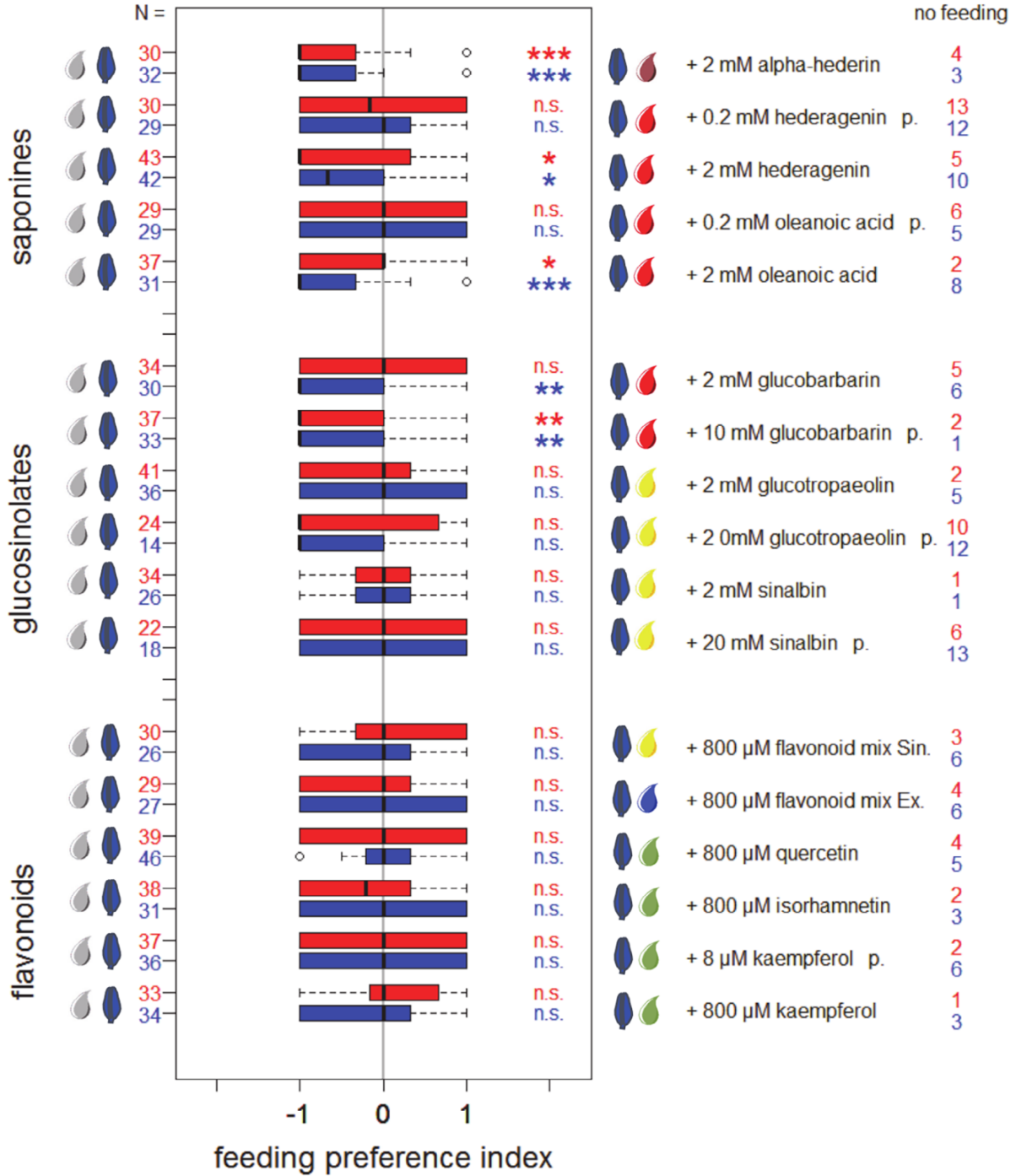
Bioassays

Metabolome profiling



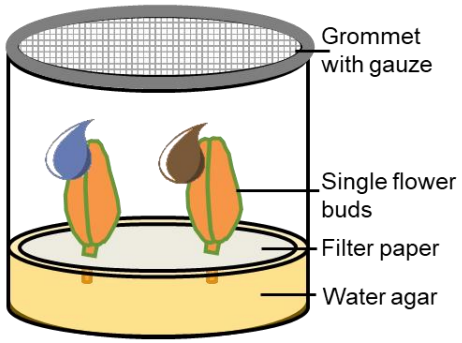


Austel et al. 2021, Plant, Cell & Environment



Wirkung von Einzelverbindungen

Express flower bud
solvent
general compound
compound from Sinapis
compound from Barbarea
compound from Express
males
females



Vial of 6 well plate

Feeding class ≙ damage
0 no
1 low
2 high
3 completly damaged

www.julius-kuehn.de

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung

CHEMOEKOTRANS

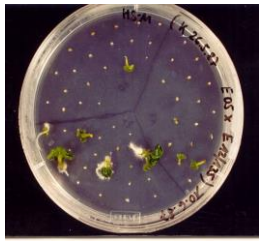
Resistant Material **2020**

von
Sinapis alba,
Eruca sativa

Feeding assay

Austel/Meiners

Intergeneric hybridizations **2020/ 21**

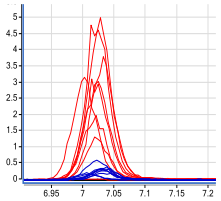


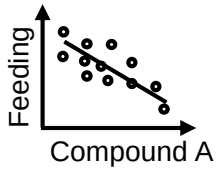
Embryo rescue

Freie Universität Berlin

Diederichsen

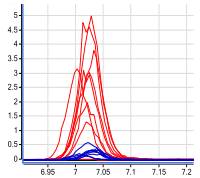
Bioassays, Metabolom, Genetics **2020 - 2023**

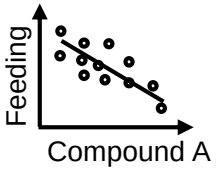


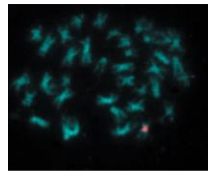


Rough mapping in donor species, genetic markers

Back crosses BC1 - BC3 **2021 - 2023**







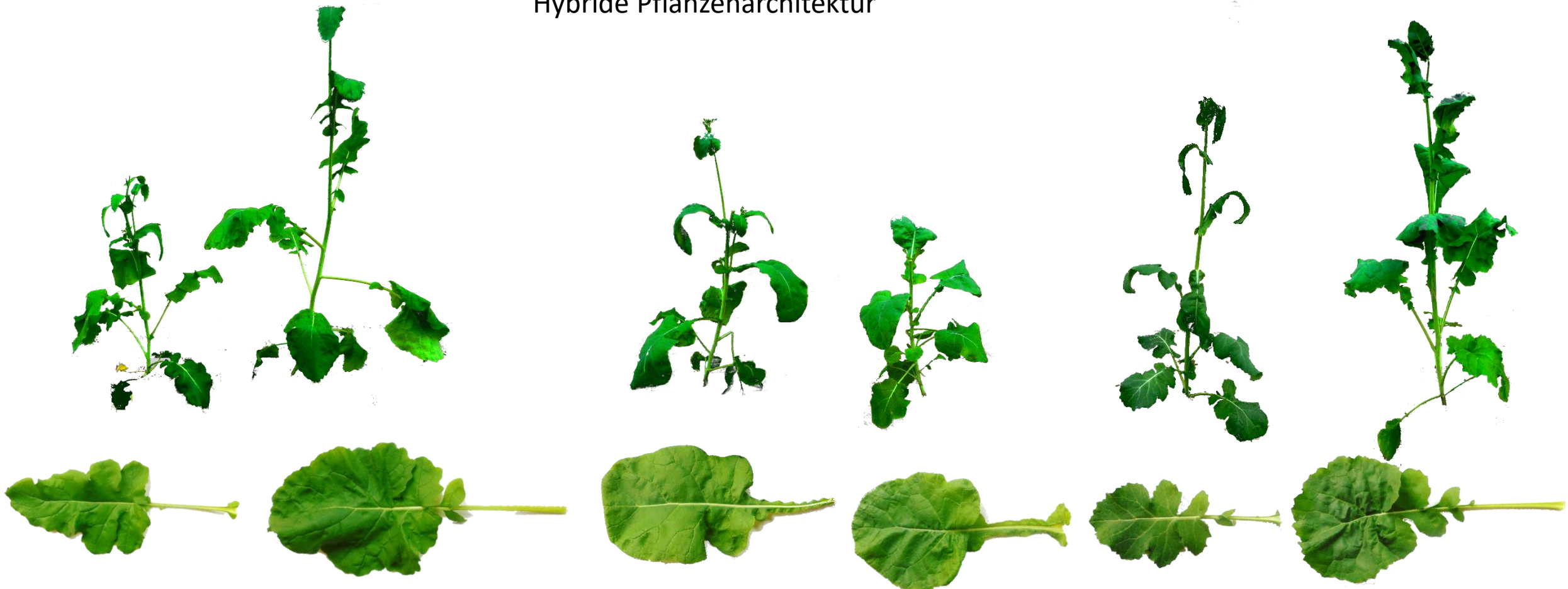
GISH

Marker Application

www.julius-kuehn.de

Hybride mit Eruca bzw. Sinapis

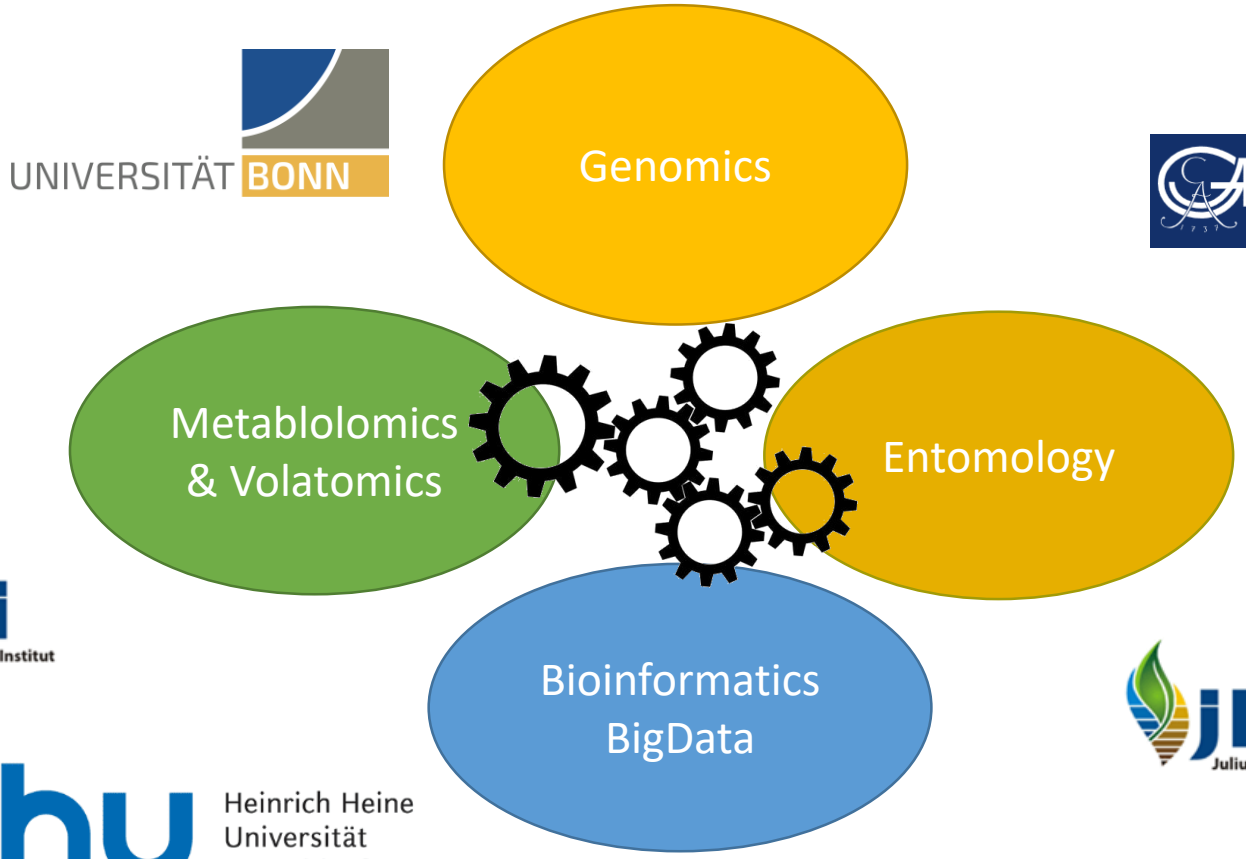
Hybride Pflanzenarchitektur



Fenja | B1_Fenja x Sinapis | Liho | B1_Liho x Eruca | Brutor | B1_Brutor x Eruca

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung

BLE Call „klimaangepasste Sorten“: Chemische Verteidigung bei Kreuzblütlern als Resistenzquelle gegen Rapsschädlinge (CheKRes)



Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung

BLE Call „klimaangepasste Sorten“: Chemische Verteidigung bei Kreuzblütlern als Resistenzquelle gegen Rapsschädlinge (CheKRes)

Resistenzen bekannt ?		Raps-Sorten	Raps-Resynthesen	weitere Brassicaceae
Rapsglanzkäfer		nein	nein	ja
Rapserdfloh		nein	nein	ja
Kleine Kohlfliege		nein	nein	ja
Grüne Pfirsichblattlaus		ja	z.T.	ja
Mehlige Kohlblattlaus		ja	?	ja

Austel et al. 2021
Shuang et al. 2016
Hervé 2018
Quezada-Martinez et al. 2021

Metabolitenprofil-Analysen für Resistenzen gegen Schadinsekten

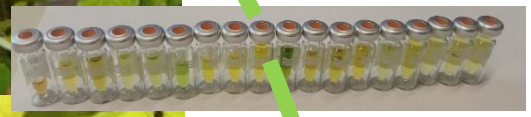
Wildkartoffel- und Kulturkartoffel-Metaboliten Analyse:
Resistenz-Züchtung gegen Kartoffelkäfer und Kartoffelerdflohkäfer

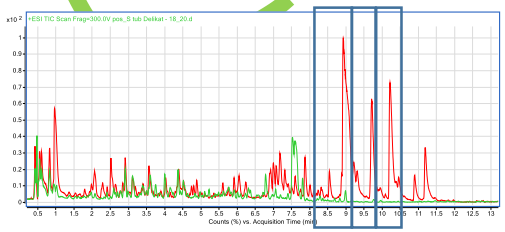
3000
Solanum Wildkartoffeln,
Solanum-Kreuzungen, Hybride

Gefördert durch
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektträger
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
FKZ 28A8706A-C19

- BTL Bio-Test Labor GmbH
- Technische Universität Dresden, Institut für Botanik
- JKI-Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen
- JKI-Institut ÖPV Berlin-Dahlem

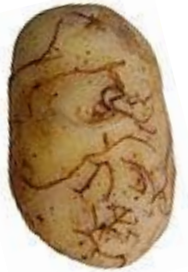




Leptinotarsa

Epitrix ssp.

Larven

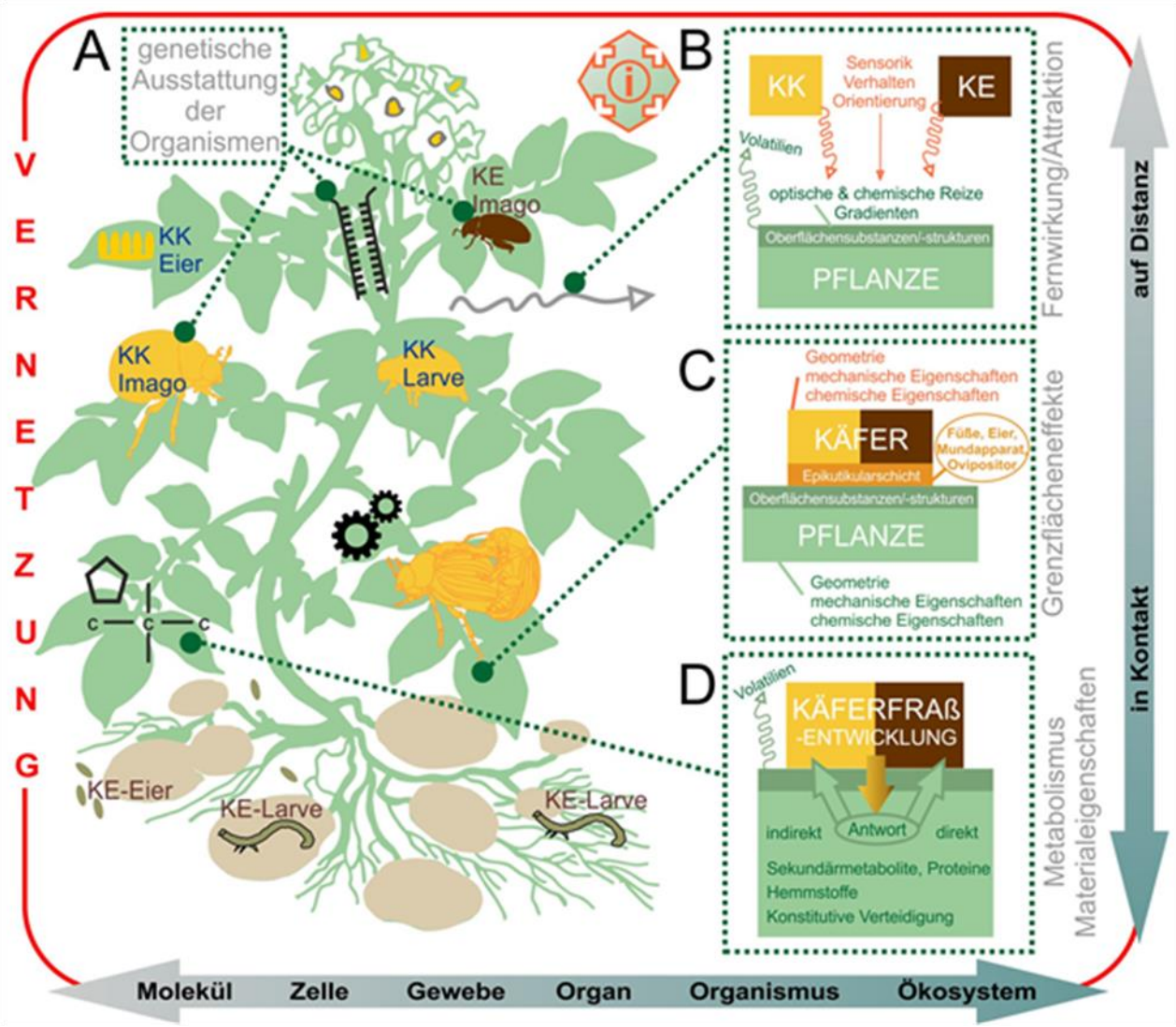


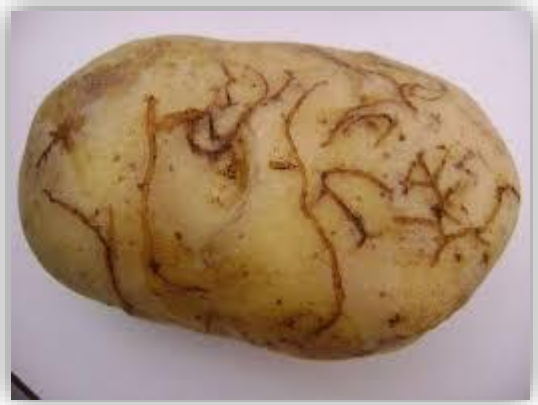
Adulte

s) und *Epitrix papa* (rechts), .de

Phytochemische Ansätze in der Züchtung

Chemische Resistenz bei Kartoffeln gegen eingeschleppte amerikanische Schaderreger





Kartoffelerdflohkäfer

www.julius-kuehn.de

Chemisch-ökologische Ansätze im Pflanzenschutz

Strategien zur Mykotoxinreduktion im Mais

AflaZ - *Development and implementation of sustainable strategies to improve food-safety and retain nutritional values by reducing fungal infestation and aflatoxin contamination in the food-chain in Kenya as model region for Sub-Saharan Africa*

Gefördert durch:
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
2816PROC12

1.) Auswahl und Extraktion von Begleit- und Heilpflanzen

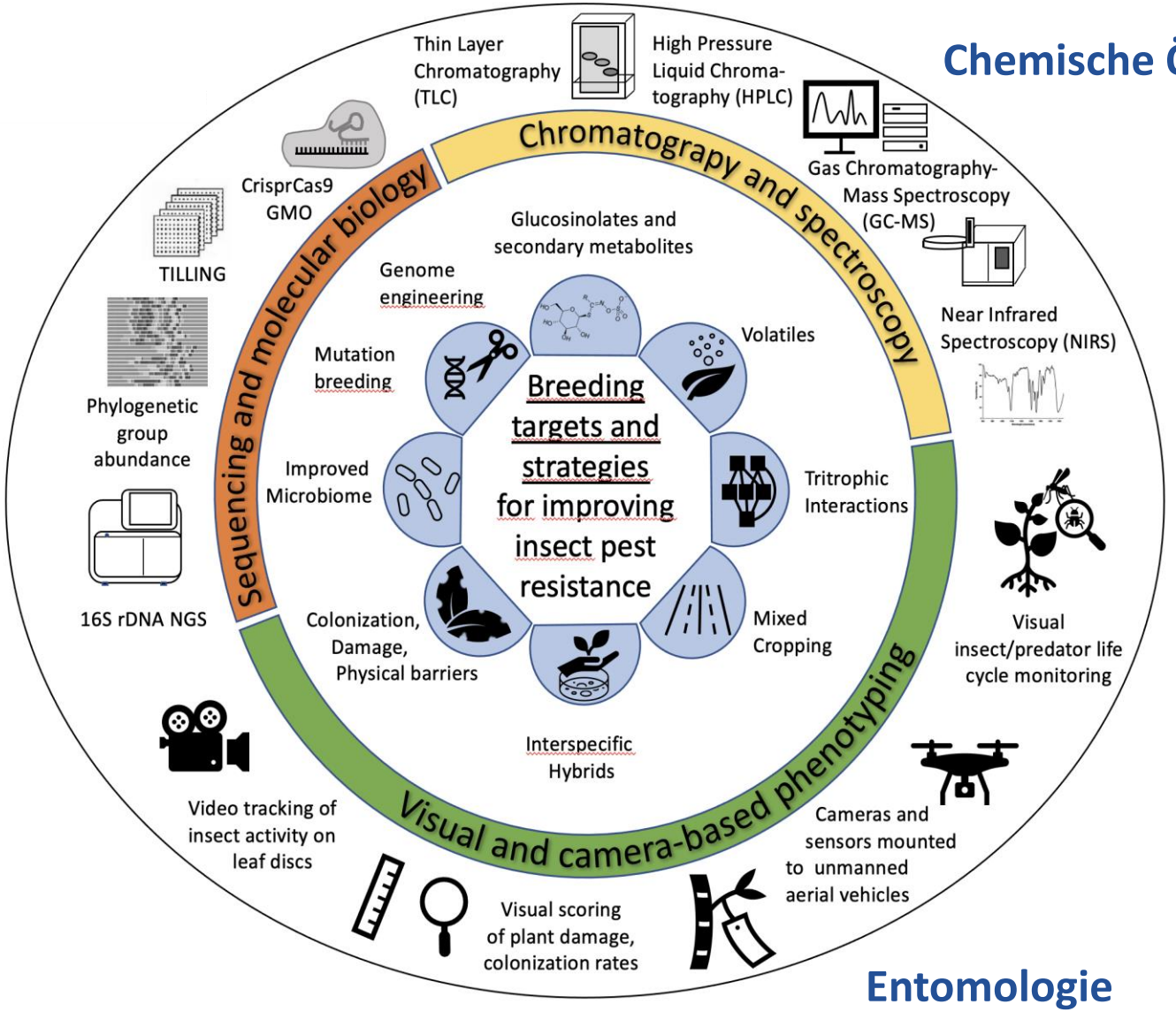
2.) Bioassays gegen Pilze und Insekten im Labor und auf dem Feld

3.) Identifizierung von aktiven Verbindungen

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0

Chemische Ökologie

Pflanzenzüchtung



Entomologie

Obermeier et al. 2022,
Theoretical and Applied Genetics

www.julius-kuehn.de

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0: Resistenzzüchtung, Priming und chemische Diversität

- Omics - Ansätze
- Wechselwirkungen zwischen Pflanzen(genotypen) und Schadinsekten(populationen)
- Berücksichtigen der genetischen Vielfalt
- resistente Sorten
- biobasierte Pflanzenschutzmittel
- Monitoring, Prediction, Phänotyping
- Schutz und Nutzen der Biodiversität
- Interessen von Produzenten, Konsumenten und Umwelt integrieren

©acidburnblue

Chemisch-ökologischer Pflanzenschutz 4.0

https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/fachgespraech-forschung-insekten.html#doc82348bodyText1

Pflanzenzüchterische Möglichkeiten des Insektenmanagements in der Landwirtschaft

Züchter

Universität

JKI

Eine Zunahme des Befallsdrucks durc … skriterien für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln un … genüber insektizi-den Wirkstoffen in den Insektenpopu … Pflanzenzüchtung. Große Anstrengungen in der Grundl … orschungsprojekte sind daher dringend notwendig, um V … xis zu überführen.

Bedeutung von Insekten

Bedingt durch den Klimawandel, der damit einherge-henden Veränderung von Räuber-Beute-Bezieh … und Nahrungsnetzen sowie durch die abne … de Verfügbarkeit bzw. den reduzierten Einsatz … sek-tiziden Wirkstoffen ist künftig mit einer zu … enden Bedeutung herbivorer Insekten in der … irtschaft zu rechnen. Schäden an vegetativen … zenteilen und Blütenorganen können zu starken Ertragsdepres-sionen sowie einer verminderten Produktqualität führen; Verwundungen schaffen Eintrittspforten für … oß-… rch … en-… den … its-

geblieben. Aufgrund neuer und strengerer Anforde-rungen an die Zulassung und Nutzung von Pflanzen-schutzmitteln (PSM) nimmt die Zahl der verfügba-ren Wirkstoffe seit ein … ahren ab. Zusätzlich wird dieser Trend durch die … nfige Neuzulassung von Wirkstoffen sowie durch r … torische Maßnahmen, wie das Verbot neonikotino … eizen von Rapssaat, verstärkt. Der Verlust chemi … Wirkstoffe kann auch durch den einseitigen und … inuierlichen Ein-satz bestimmter Komponenten verursacht werden, da durch starken Selektionsdruck auf die Zielorganismen das Risiko der Resistenzbildung steigt.

Aus der Mas-senvermehrung von Insekten in Kulturpflanzenbe-ständen können letztlich hohe Ertragsverluste und Qualitätsein-

Die Bedeutung des Inte …
Der Integrierte Pflanzens … Regu … en d … guten fachlichen Praxis …

… den Neozoen, die bisher in Mittel- und Nordeuropa nicht beheimatet waren, dauerhaft günstige Lebensbe-dingungen und können so ebenfalls den Anbau von Kulturpflanzen bedrohen, da sie keine natürlichen Gegenspieler haben.

Herausforderungen für den Pflanzenschutz

Abnehmende Verfügbarkeit von Wirkstoffen für den chemischen Pflanzenschutz
In den vergangenen zwei Jahrzehnten ist der Absatz verschiedener Wirkstoffe annähernd unverändert

Diese Ausarbeitung wurde unter Mitwirkung des Instituts für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Quedlinburg, des Instituts für Ackerbau und Grünland, Braunschweig, des Instituts für Chemische Ökologie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin und des Instituts für Pflanzenschutz in Obst und Weinbau, Dossenheim, des Julius Kühn-Instituts erstellt.

Gemeinschaft zur Förderung
von Pflanzeninnovation e. V. (GFPi)

GFPi Lebensbasis Pflanze

https://www.bdp-online.de/de/GFPi/Service/Download-Center/Pflanzenzuechterische_Moeglichkeiten_des_Insektenmanagements_in_der_Landwirtschaft_1.pdf

www.julius-kuehn.de

Vielen Dank

Gefördert durch

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektträger

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

FNR

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Freie Universität Berlin

BTL Bio-Test Labor GmbH Sagerheide
Kompetenz in Forschung und Dienstleistung

www.julius-kuehn.de

Vielen Dank

©Kai Meuschke