



Bewertung von Apfelunterlagen hinsichtlich ihrer Toleranz gegenüber der Nachbaukrankheit (Bodenmüdigkeit)

In einer fortlaufenden Artikelserie berichten wir über den Stand des ORDIAmur Projektes, das seit 2015 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Initiative BonaRes gefördert wird, um die Fachpraxis über den Stand der Forschung und wichtige Ergebnisse zu informieren. Während es im ersten Artikel um die Testung von Gegenmaßnahmen in Baumschulen ging, fassen wir in diesem Teil unsere Ergebnisse zur Bewertung von Apfelunterlagen und genetischen Ressourcen für die Züchtung auf Nachbaukrankheitstoleranz zusammen.

Abgrenzung Resistenz gegen Toleranz

Die Nachbaukrankheit des Apfels (engl. Apple Replant Disease, abgekürzt ARD) ist eine komplexe bodenbürtige Krankheit, die zu wirtschaftlichen Verlusten in Baumschulen und in Obstbaubetrieben führt. Ihre Bekämpfung ist schwierig, weshalb der Anbau von ARD-toleranten Unterlagen eine nachhaltige und wirtschaftlich vorteilhafte Lösung wäre. Nach Somera und Mazzola (2022) wird eine Unterlage als tolerant definiert, wenn sie fähig ist ausreichend gut zu wachsen und Erträge zu produzieren, obwohl eine Anfälligkeit für den Verursacherkomplex von Apple Replant Disease (ARD) vorliegt. Als resistent werden dagegen Unterlagen definiert, wenn diese eine aktive Abwehr gegenüber einer Infektion und Vermehrung der bodenbürtigen Pathogene besitzt. ARD-resistente Unterlagen wurden bisher nicht identifiziert, weshalb im Folgenden von ‚geringer anfälligen‘ oder ‚toleranten‘ Unterlagen gesprochen wird.

Bislang gibt es jedoch nur wenige Apfelunterlagen, die in der Literatur und in der praktischen Prüfung als weniger anfällig gegenüber ARD beschrieben wurden. Beispiele dafür sind einige Unterlagen der Geneva®-Serie (z.B. G.11 und G.41). Auch bei Apfelwildarten sind einzelne Genotypen bekannt, die weniger anfällig zu sein scheinen. Diese Genotypen könnten als genetische Ressource für die Züchtung von ARD-toleranten Unterlagen genutzt werden. Daher werden wir im Folgenden die Ergebnisse der Suche nach tolerantem Genbankmaterial beschreiben sowie die Erstellung und Prüfung einer Nachkommenschaft aus einer Kreuzung der anfälligen Unterlage M.9 mit einem toleranten Elter vorstellen. Darüber hinaus wurde geprüft, ob die als tolerant beschriebenen Apfelunterlagen und Genotypen auch unter den in Deutschland herrschenden Anbaubedingungen eine verringerte Anfälligkeit gegenüber ARD zeigen. Dazu wurde im Projekt ORDIAmur die Reaktion ausgewählter Apfelunterlagen gegenüber ARD unter verschiedenen Bedingungen getestet.

Identifizierung von ARD-toleranten Wildapfelarten im Genbankmaterial

Für die Identifizierung von ARD-toleranten Genotypen wurden die Reaktionen von 41 Akzessionen (= Sammlungsmustern) von 18 verschiedenen Wildapfelarten der Obstgenbank des Julius Kühn-Institutes (JKI) in Dresden-Pillnitz auf ARD untersucht. Dabei wurden jeweils 12 *in vitro* vermehrte Pflanzen jeder Akzession in einem Gewächshaus-Biotest in ARD belasteten (ARD⁺) Boden und in den gleichen Boden nach einer Gamma-Bestrahlung zur Desinfektion (ARD⁻) gepflanzt. Der ARD⁺ Boden stammte aus dem Versuchsfeld des JKI in Dresden-Pillnitz, in dem seit Jahrzehnten Äpfel kultiviert werden.



Die ARD-Anfälligkeit der getesteten Akzessionen wurde durch einen ARD-Anfälligkeitsindex (ASI) klassifiziert. Dieser wurde sowohl über die Differenz der gebildeten Pflanzenmasse von Pflanzen auf ARD⁺- und Pflanzen auf ARD⁻-Boden, als auch über die Differenz des Triebblängenzuwachses von Pflanzen auf beiden Böden berechnet (Abb. 1). Insgesamt wurden fünf Wildapfelakzessionen, die zu den Arten *M. baccata*, *M. prunifolia*, *M. sargentii*, *M. robusta* und *M. spectabilis* gehören, als weniger anfällig gegenüber ARD eingestuft.

Untersuchungen zur Vererbung der Anfälligkeit

Um die Erfolgsaussichten einer Züchtung von ARD-toleranten Apfelunterlagen abschätzen zu können, wurde die Vererbung der Anfälligkeit in einer Nachkommenschaft untersucht, die aufgrund der Neukombination des genetischen Materials in ihren Merkmalen aufspaltet. Diese Nachkommenschaft wurde durch Kreuzung der ARD-anfälligen und im Obstbau häufig verwendeten Unterlagensorte M.9 und der als ARD-tolerant beschriebenen Akzession *M. x robusta* 5 erzeugt. Im Anschluss wurden die Nachkommen aus dieser Kreuzung *in vitro* vegetativ vermehrt und deren Anfälligkeit gegenüber ARD im Gewächshaus-Biotest wie oben beschrieben bestimmt (Abb. 2). Gleichzeitig wurden die Eltern der Population sowie alle Nachkommen mit molekularen Markern, die auf Unterschieden in der Erbsubstanz beruhen, charakterisiert. Mittels statistischer Verfahren konnten neun Marker gefunden werden, die mit einer geringen Anfälligkeit gegenüber ARD korreliert sind. Diese Marker liegen in einer Region des Apfelgenoms in der sich Gene befinden, die eine pflanzliche Abwehrreaktion bei Schädlingsbefall auslösen. Diese Gene geben einen ersten Einblick in die möglichen Abwehrmechanismen, die bei Apfel eine Rolle in der Abwehr von ARD spielen könnten. Ihre Funktion soll in Zukunft genauer untersucht werden. Die identifizierten Marker könnten künftig für die Selektion ARD-toleranter Nachkommen im Züchtungsprozess eingesetzt werden und diesen vereinfachen und beschleunigen. Neben der hier betrachteten Toleranz gegenüber der Nachbaukrankheit müssen Apfelunterlagen zahlreiche weitere Anforderungen, wie z.B. definierte Wuchsstärke, keine Wildtrieb Bildung, diverse Krankheits- und Schädlingsresistenzen oder -toleranzen und eine Veredlungskompatibilität mit möglichst vielen Edelreisgenotypen aufweisen, um im Obstbau eingesetzt werden zu können. Daher ist die Unterlagenzüchtung sehr zeitaufwändig.

Testung der toleranten Akzessionen auf unterschiedlichen ARD-Böden

In einem nächsten Schritt sollte festgestellt werden, ob eine verringerte Anfälligkeit für ARD auf anderen Böden gleichermaßen ausgeprägt ist. Dazu wurden die oben genannten fünf als weniger anfällig eingestuften Wildapfelakzessionen von *M. baccata*, *M. prunifolia*, *M. sargentii*, *M. robusta* und *M. spectabilis* in einem zweiten Gewächshaus-Biotest in unterschiedlichen ARD⁺-Böden, die aus drei Obstanbau- bzw. Baumschulgebieten stammten (Dresden-Pillnitz, Pinneberg, Meckenheim) untersucht. Die drei Böden unterschieden sich dabei deutlich in ihrer Bodentextur.

Nach Auswertung des Versuchs zeigte sich, dass die Anfälligkeit gegenüber ARD in den einzelnen Bodenherkünften sehr unterschiedlich ausgeprägt war. Zwar konnte die verringerte Anfälligkeit auf dem Dresdner Boden zum größten Teil bestätigt werden, jedoch zeigten diese Akzessionen nach Kultivierung auf den Böden aus Meckenheim und Pinneberg deutliche Wachstumsdepressionen. Dabei schienen die Bodentextur und der pH-Wert nicht die entscheidenden Faktoren für die Schwere der Nachbaukrankheitsreaktion zu sein. Vielmehr war die Reaktion der Pflanzen auf ARD von der jeweiligen Kombination zwischen Genotyp und Bodenherkunft beeinflusst. Lediglich die Wildapfelakzession MAL0130 der Art *M. spectabilis* schien auf allen drei Bodenherkünften weniger anfällig gegenüber ARD zu sein.

Ein weiteres sehr großes Biotest-Experiment schloss sich an, das die Prüfung der ARD-Toleranz auf sechs ARD-Böden mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften und Anbauhistorie beinhaltete. Darunter waren auch Böden von drei ORDIAmur-Referenzflächen (Ellerhoop, Heidgraben und Ruthe), in denen seit 2009 alle zwei Jahre ein Nachbau erfolgte, sowie zwei Böden aus kooperierenden Betrieben. Alle Böden wurden für den Biotest der zwei Wildartakzessionen *M. sargentii* (MAL0739) und *M. spectabilis* (MAL0130) sowie folgender vier Unterlagensorten genutzt: die anfällige Unterlage M.26 sowie die neue East-Malling-Sorte EMR2 und zwei neuere Geneva[®]-Unterlagen G.202 und G.935. Nach achtwöchiger Kultur wurden die Sprossfrischmassen erfasst. Dargestellt in Tabelle 1 ist die Reduktion der Sprossfrischmasse, d.h. um wieviel Prozent die Sprossfrischmasse abnahm, wenn die Pflanzen in ARD⁺ Boden kultiviert wurden (Sprossfrischmasse in ARD⁻ Boden = 100 %). Es wurde sehr deutlich, dass in allen Böden eine solche Reduktion festzustellen war, wobei diese in den drei ORDIAmur-Referenzböden mit fünffachem Nachbau am stärksten war. Eine klare Korrelation mit der Bodentextur war auch in diesem Experiment nicht festzustellen. Betrachtet man die Apfelgenotypen, so gab es wieder eine bodenabhängige Reaktion, so dass die Reihung der Genotypen hinsichtlich ihrer ARD-Toleranz auf jedem Boden eine andere war. MAL0739 erwies sich auf den meisten Böden als anfällig (wie M.26). Allerdings war auch in diesem Experiment, im Boden aus Heidgraben eine geringere Anfälligkeit zu beobachten. Die zwei Geneva[®]-Unterlagen G.202 und G.935 wurden ebenfalls auf den meisten Böden als anfällig eingestuft, wobei für G.935 eine geringe Abnahme der Sprossfrischmasse im Boden aus Holm festzustellen war. Dieser Genotyp wuchs jedoch generell eher schlecht. Ein Genotyp, der auf allen Böden überlegen war, war nicht auszumachen.

Screening neuer Unterlagen aus kommerziellen Züchtungsprogrammen im Biotest

Da die Nutzung von innovativen ARD-toleranten Apfelunterlagen eine dauerhafte, nachhaltige und kosteneffektive Lösung zur Krankheitsbekämpfung darstellen könnte, wurden in einem Gewächshausversuch 12 kommerziell verfügbare Apfelunterlagen und Elite-Selektionen auf ihre Anfälligkeit gegenüber ARD in einem weiteren Biotest überprüft. Die besten sechs Unterlagen aus diesem Experiment wurden in einem zweiten Schritt mit einer durch das JKI Dresden-Pillnitz als tolerant eingestuften Wildapfelakzession (MAL0739) sowie der ARD-anfälligen Unterlage M.26 verglichen. Geprüft wurden die vom Institut NIAB-EMR (East Malling, UK) stammende Unterlage M.200, eine Elite-Selektion aus East-Malling (EMR 2), eine Elite Selektion aus dem neuseeländischen Züchtungsprogramm des Instituts für „Plant & Food Research“ (PFR 4) sowie die kommerzialisierten Unterlagen G.214 und G.935 aus der Geneva[®]-Serie der Cornell-Universität, USA. Für die Untersuchung wurde ein Boden aus der ORDIAmur-Referenzfläche Heidgraben mit einem sehr hohen ARD-Schweregrad gewählt (siehe Tabelle 1). Um eine Einstufung in tolerantere und anfälligere Genotypen zu ermöglichen, wurde aus den gemessenen v. a. unterirdischen vegetativen Parametern wiederum ein ARD-Anfälligkeitsindex (ASI) gebildet. Nach der Definition, dass ein toleranter Genotyp kein signifikant gehemmtetes Wachstum auf ARD-Boden zeigt, konnte für den Standort in Heidgraben kein toleranter Genotyp identifiziert werden. Dennoch schnitten die drei Unterlagen EMR 2, MAL0739 und G.935, trotz starker Wachstumshemmung auf ARD-Boden, nach dem ASI im Vergleich besser als die anfällige Unterlage M.26 ab (Abb. 3). Die Literatur zeigt, dass es nicht nur Unterschiede zwischen den Unterlagen in ihrem Resistenzverhalten gegen einzelne Erreger des ARD-Komplexes gibt, sondern auch Unterschiede in der Wurzelmorphologie entscheidend sein können. Ein erster Eindruck der unterschiedlichen Wurzeleigenschaften zeigte sich bereits in den Wurzelscans in Abbildung 3 nach acht Wochen Kultivierung im Gewächshaus.



Prüfung von Unterlagen in Feldversuchen

Im Rahmen des ORDIAmur Projektes wurden die neuen Apfelunterlagen auch in Feldversuchen auf ihre Nachbaueignung getestet, insbesondere die CG-Unterlagen. Diese wurden an der Cornell Universität zunächst auf ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber *Phytophthora* spp. Ausgelesen. Bei *Phytophthora* spp. handelt es sich um bodenpathogene Oomyceten, die nicht nur für das Auftreten der Kragenfäule verantwortlich sind, sondern auch als Teil des ARD-Ursachenkomplexes beschrieben wurden.

Tolerante Unterlagen verwenden offensichtlich mehr Ressourcen (Kohlenhydrate) für die Entwicklung von Wurzelbiomasse (darauf deuten auch die 'glatten' Veredelungsstellen hin), wachsen daher häufig stärker als M.9 und können auf diese Weise nachbaubedingte Wurzelverluste besser kompensieren. Diese Eigenschaft ist andererseits mitverantwortlich für die oft unterschiedlichen Wuchsstärkeangaben bei den nachbautoleranten Unterlagen. Sie schwanken teilweise beachtlich, je nach Nachbausituation, Boden und Sorte. Die Ergebnisse eines Unterlagenversuchs in Klein Altendorf (Höller et al. 2021) veranschaulichen dieses Wuchsverhalten: Die Bäume mit der Galamutante 'Gala Buckeye' wuchsen auf den nachbautoleranten *Malus robusta* 5-Abkömmlingen G.11 (M.26 x *M. xrobusta* 5), M.200 (*M. robusta* 5 x Ottawa 3) und G.41 (M.27 x *M. robusta* 5) den vorgesehenen Standraum in den ersten Standjahren deutlich schneller zu als die auf der Standardunterlage M.9, selbst unter Nachbaubedingungen (Abb. 4). In diesem Zusammenhang sind vor allem die Bäume auf M.200 und G.41 hervorzuheben. Auch die Anfangserträge dieser Unterlagen liegen deutlich über den von M.9. Dieses generative Verhalten ist mitverantwortlich für das allmähliche Nachlassen der Wuchsleistung von G.11 gegenüber M.9.

Aufbauend auf diesem Versuch, wurden ab 2016 unter anderem die Unterlagen M.9, G.11 und G.41, jeweils veredelt mit den drei Apfelsorten 'Gala Galaxy', 'Natyra[®]' und 'Braeburn', auf ihre Verträglichkeit hinsichtlich mechanischer Unkrautbekämpfung in einem ARD-Boden getestet. Da die Zulassungen für chemisch-synthetische Herbizide abnehmen, führen die Praxisbetriebe vermehrt mechanische Bodenbearbeitungen des Baumstreifens durch. Dementsprechend müssen Apfelunterlagen mit der damit verbundenen regelmäßigen Störung des Oberbodens zurechtkommen. Die Unterlagen G.11 und G.41 erzielten im Vergleich zu M.9 bei den drei Apfelsorten und mechanischer Unkrautbekämpfung ähnlich hohe oder höhere Qualitätserträge (Abb. 5). Somit scheinen sie die mechanische Bodenbearbeitung ähnlich zu vertragen. Des Weiteren erreichte G.11 mit mechanischer Unkrautbekämpfung sowohl bei der Sorte 'Natyra[®]' als auch bei 'Braeburn' vergleichbare Qualitätserträge wie mit Herbizid-Behandlungen. Anhand dieses Versuches mit drei Apfelsorten wird darüber hinaus die Bedeutung der Apfelsorten selbst als beeinflussende Faktoren bei der Unterlagenprüfung deutlich.

Schlussfolgerungen

Die Bewertung der ARD-Anfälligkeit von Unterlagen ist nicht einfach. Sie hängt vom Boden ab und wird von der Wuchsstärke der Unterlage überlagert. Zudem ist zu beachten, welche Unterlage die Nachbaukrankheit im Boden induziert hat. Ein Wechsel auf eine andere Unterlage kann helfen. ORDIAmur hat auf die Entscheidung der Gutachter hin jedoch die Arbeiten zu Unterlagen leider weitgehend einstellen müssen. Aus unserer Sicht wäre aber mehr Vielfalt in der Verwendung von Unterlagen ein Ansatz, das Problem der Nachbaukrankheit zu mindern, was in der Folge aber deutlich differenziertere Kulturmaßnahmen nach sich zöge. Eventuell können hier sensorgestützte und automatisierte Verfahren in der Kulturführung helfen.

Autoren (unbedingt alle zu nennen):

Traud Winkelmann, Nils Orth, Stefanie Reim, Henryk Flachowsky, Gerhard Baab, Nils Siefen, Michaela Schmitz, Lisa Klophaus, Andreas Wrede

Literatur:

Höller, I., Guerra, W., Baab, G. und R. Wemhöner (2021): Die Apfelunterlage M.200 auf dem Prüfstand. Obst- und Weinbau 10/22. S. 24-27.

Reim, S., Siewert, C., Winkelmann, T., Wöhner, T., Hanke, M.-V. und H. Flachowsky (2019). Evaluation of *Malus* genetic resources for tolerance to apple replant disease (ARD). Scientia Horticulturae, 108517. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.044>

Reim, S., Cestaro, A., Siewert, C., Wöhner, T., Mahnkopp-Dirks, F., Winkelmann, T., Hanke, M.V. und H. Flachowsky (2021): Evaluation of tolerance to apple replant disease (ARD) in *Malus* germplasm. Acta Hort. 1307: 327-334. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.50>

Reim, S., Winkelmann, T., Cestaro, A., Rohr, A.-D. und H. Flachowsky (2022): Identification of candidate genes associated with tolerance to apple replant disease by genome-wide transcriptome analysis. Front. Microbiol. 13:888908. doi: 10.3389/fmicb.2022.888908

Somera, T.S. und Mazzola, M. (2022): Toward a holistic view of orchard ecosystem dynamics: A comprehensive review of the multiple factors governing development or suppression of apple replant disease. Front. Microbiol. 13:949404. doi: 10.3389/fmicb.2022.949404

Tabelle 1: Prozentuale Reduktion der Sprossfrischmassen in ARD⁺ Boden im Vergleich zum jeweiligen bestrahlten Boden (ARD⁻ = 100 %). Die Intensität der Rotfärbung spiegelt die Schwere der Reduktion und damit die ARD Anfälligkeit wider.

Genotyp \ Boden						
	ORDIAmur-Heidgraben	Holm	ORDIAmur-Ellerhoop	Pillnitz	ORDIAmur-Ruthe	Meckenheim
M.26	55%	30%	49%	32%	51%	44%
EMR2	58%	29%	39%	38%	36%	30%
G.202	61%	41%	48%	34%	52%	42%
G.935	60%	7%	56%	35%	56%	37%
MAL0130	51%	18%	53%	33%	47%	33%
MAL0739	47%	39%	61%	50%	63%	59%

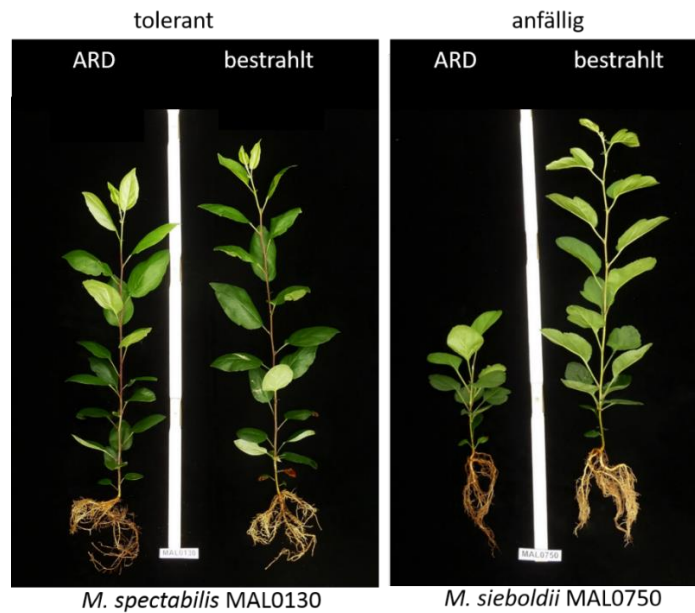


Abb. 1: Bewertung der Anfälligkeit gegenüber ARD anhand des Unterschieds im Trieb­längen­zu­wachs nach Kultivierung in ARD⁺-Boden und Kultivierung in ARD⁻-Boden (*M. spectabilis*, linkes Bild: wenig anfällig; *M. sieboldii*, rechtes Bild: anfällig). Foto: S. Reim

ASI	Nachkommenschafts_Nr.	ASI
0.6	MAL300104	9.2
0.5	MAL300111	8.7
0.5	MAL300050	8.1
0.5	MAL300190	7.9
0.5	MAL300055	7.8
0.4	MAL300044	6.9
0.3	MAL300079	6.8
0.3	MAL300072	6.6
0.3	MAL300107	6.2
0.3	MAL300017	6.2
0.2	MAL300149	5.8
0.2	MAL300093	5.8
0.0	MAL300182	5.8
-0.1	MAL300066	5.3
-0.2	MAL300095	5.2
-0.4	MAL300038	4.7
-0.5	MAL300025	4.7
-0.6	MAL300008	4.6
-0.9	MAL300002	4.5
-1.0	MAL300011	4.5
-1.0	MAL300040	4.5
-1.4	MAL300058	4.2
-1.6	MAL300016	4.1
-1.7	MAL300041	4.1
-1.8	MAL300030	4.0
-1.8	MAL300049	3.9
-1.9	MAL300110	3.8
-1.9	MAL300075	3.8
-2.1	MAL300096	3.5
-2.3	MAL300020	3.5
-2.4	MAL300108	3.4
-2.6	MAL300021	2.9
-2.7	MAL300023	2.9
-3.0	MAL300074	2.6
-3.4	MAL300084	2.5
-3.6	MAL300077	2.2
-3.7	MAL300054	2.2
-3.8	MAL300032	2.2
-3.9	MAL300064	2.1
-4.1	MAL300071	2.1
-4.3	MAL300084	2.1
-4.4	M. robusta 5	2.0
-4.5	MAL300022	2.0
-4.6	MAL300052	2.0
-4.7	MAL300024	1.8
-5.4	MAL300105	1.8
-5.7	MAL300067	1.7
-6.9	MAL300045	1.5
-7.8	MAL300056	1.1
-7.9	MAL300018	1.1
-8.9	MAL300029	1.1
-9.0	MAL300009	1.0
-9.3	MAL300003	0.9
-11.9	MAL300026	0.9

Abb. 2: ARD-Anfälligkeitsindex (ASI) für die Nachkommen der Kreuzung von M.9 und *M. x robusta* 5. Nachkommen mit niedrigeren ASI-Werten sind weniger empfindlich gegenüber ARD (blau). Nachkommen mit einem ASI-Wert von Null oder höher sind anfälliger für ARD (rot). Der ARD-tolerante Elternteil *M. x robusta* 5 wies einen ASI-Wert von -4,4 auf (blau markiert), während der ARD-anfällige Elternteil M.9 einen ASI-Wert von 2,0 aufwies (rot markiert) (S. Reim)

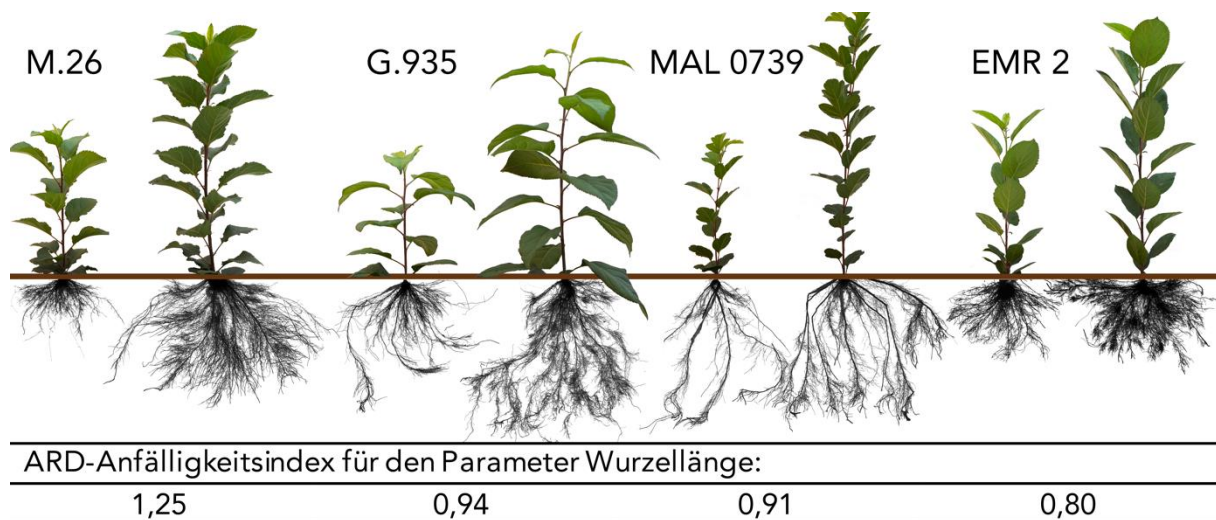


Abb. 3: Spross- und Wurzelwachstum ausgewählter Unterlagen in ARD⁺-Boden (jeweils links) und ARD⁻-Boden (jeweils rechts) aus Heidgraben nach 8 Wochen Kultur im Bio-test. Angegeben ist der ARD-Anfälligkeitsindex (ASI) für den Parameter Wurzellänge basierend auf den Daten der 7 im Text vorgestellten Unterlagen. Akzessionen mit höheren ASI-Werten sind empfindlicher gegenüber ARD (N. Siefen)

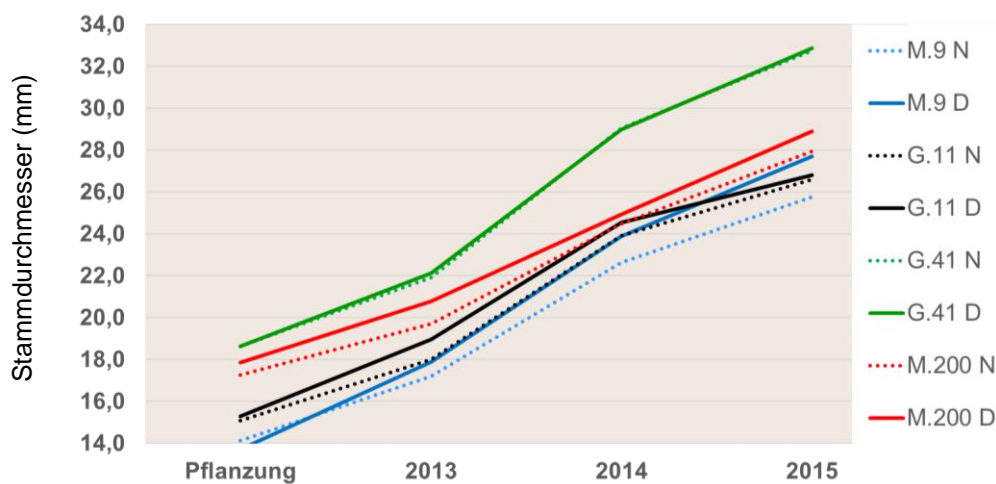


Abb. 4 Entwicklung der Stammdurchmesser (oben) sowie Kronenentwicklung und Ertrag von 'Gala Buckeye'-Bäumen im 4. Laub (2016) auf unterschiedlichen Unterlagen von (links nach rechts: M.9, G.11, M.200, G.41) in nachbaukrankem Boden (unten).
Abbildung und Fotos: G. Baab

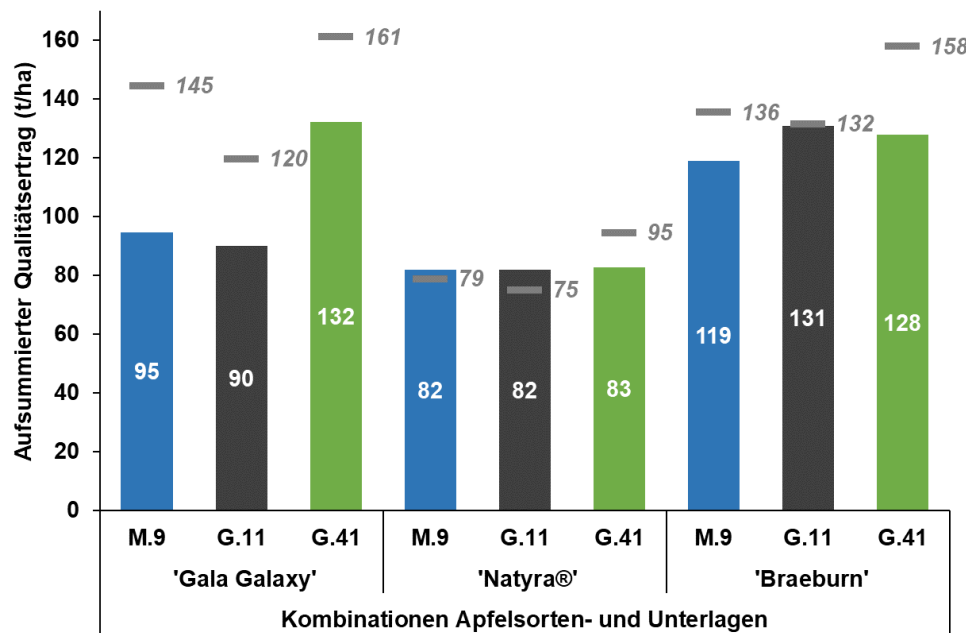


Abb. 5: Aufsummierter Qualitätsertrag/Packout (Anteil der Früchte am Gesamtertrag mit einem Fruchtdurchmesser von 70-85 mm und mind. 50 % Anteil roter Deckfarbe) in t/ha aus den Jahren 2017-2021 der Apfelsorten 'Gala Galaxy', 'Natyra®' und 'Braeburn' jeweils veredelt auf den Apfelunterlagen M.9, G.11 und G.41. Hochgerechnet für 3000 Bäume/ha. Säulen: mit mechanischer Unkrautbekämpfung. Graue Striche: mit chemischer Unkrautbekämpfung. Pflanzung des Versuchs: März 2016 in Klein-Altendorf, 20 Bäume je Versuchsvariante (4 x 5 Bäume), in ARD-Boden. Abbildung: L. Klophaus