

Von einer einzigen Zelle zur Pflanze

Mikropropagation - was es ist, wie es abläuft und warum wir sie brauchen werden.

Caroline Frischmann

Pflanzen lassen sich nicht nur über Samen vermehren – bestimmte einzelne Zellen oder kleine Pflanzenteile reichen aus, um unter kontrollierten Bedingungen eine vollständige Pflanze heranzuziehen. Grund dafür ist ihre erstaunliche Regenerationsfähigkeit. So kann theoretisch aus einer einzigen Pflanze ein ganzes Feld an Pflanzen gezogen werden. (Ikeuchi, 2016)

Das Verfahren, welches dies möglich macht, nennt sich „*plant tissue culture*“ (Pflanzen-Gewebekultur) und gehört heute zu den wichtigsten Methoden der Pflanzenbiotechnologie. Ursprünglich als Forschungswerkzeug entwickelt, spielt es mittlerweile eine zentrale Rolle in der Landwirtschaft, im Artenschutz, in der Forstwirtschaft und in der pharmazeutischen Wirkstoffproduktion von Pflanzen und hat großes Potential – nicht nur in der Grundlagenforschung. (Yun Long, 2022)

MIKROVERMEHRUNG - PRINZIP UND MÖGLICHKEITEN

Prinzipiell werden zwei Hauptmechanismen bei der *in vitro* Vermehrung (Vermehrung in der Petrischale) unterschieden: die „*somatische Embryogenese*“ und die „*De novo Organogenese*“.

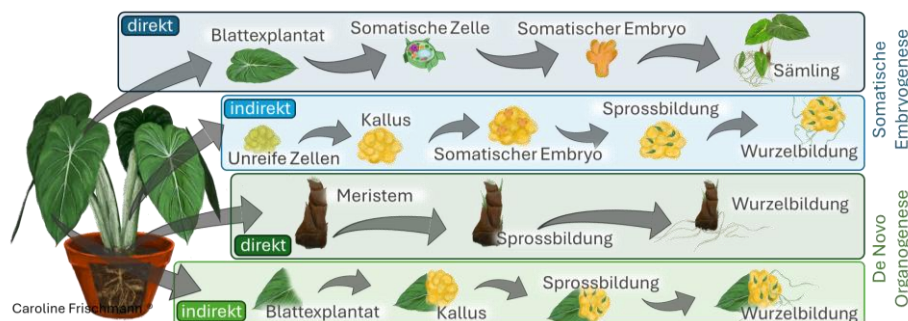


ABB. 1: MECHANISMEN DER MICROPROPAGATION
GEGENÜBERSTELLUNG VON DE NOVO ORGANOGENESE UND SOMATISCHER EMBRYOGENESE

Bei der „*De novo Organogenese*“ werden aus Zellen neue Organe gebildet (z. B. Sprosse, Wurzeln). Die somatische Embryogenese meint die Bildung eines vollständigen Embryos aus einer somatischen Zelle. Beides kann direkt (ohne Kallusbildung¹) oder indirekt (mit Kallusbildung) erfolgen. (Abb. 1) (Horstman, 2017)

TABELLE 1: GEGENÜBERSTELLUNG VON DE NOVO ORGANOGENESE UND SOMATISCHE EMBRYOGENESE

MERKMAL	DE NOVO ORGANOGENESE	SOMATISCHE EMBRYOGENESE
Was entsteht?	Einzelne Organe (Sprosse, Wurzeln)	Komplette Embryonen wie bei Samen
Anwendung	Mikrovermehrung, Klonen, Stecklingsersatz	Forschung, Züchtung
Mutationsrisiko	eher gering (bei direkter Methode)	höher (besonders bei indirekter Methode)

(Horstman, 2017)

Tabelle 1 stellt die beiden Vermehrungsmechanismen gegenüber. Was dabei entsteht und wie es entsteht, ist besonders für den Verwendungszweck relevant. Mutationen sind dann erwünscht, wenn neue Pflanzen – also nicht identische Klone – herangezchtet werden sollen. Bei Pflanzen, deren Genmaterial unverändert bleiben soll, wird eher auf die „*De novo Organogenese*“ zurückgegriffen.

¹ Ein Kallus ist eine Wundgewebsbildung aus undifferenzierten Zellen, die sich an verletzten Pflanzenstellen zur Gewebereparatur oder Regeneration bildet.

Auswahl des Pflanzenmaterials (Explantat)

Das *Explantat* ist das Pflanzenmaterial, welches in Gewebekulturen verwendet wird. Wie gut das Material geeignet ist, hängt vom Gesundheitszustand bzw. vom Alter der Pflanze ab und davon, welches Gewebe von der Pflanze entnommen wird. Meristemgewebszellen² vermehren sich schnell und sind kaum differenziert, oft virusfrei und regenerieren direkt. Die gut-sterilisierbaren Blätter weisen eine große Oberfläche mit vielen Zellen und Leitbündeln/Wundrändern auf. Sie lassen sich gut mit Phytohormonen behandeln. Unreife/junge Zellen/Gewebe (z. B. Keimstängel) lassen sich leicht zu einem embryogenen Kallus umprogrammieren. Dadurch kann eine hohe Anzahl somatischer Embryonen erzeugt werden. (Horstman, 2017)

Sterilisation - die Grundlage für erfolgreiche Kulturen

Die Sterilisation ist ein entscheidender erster Schritt in der Pflanzen-Gewebekultur, da selbst kleinste Verunreinigungen durch Mikroorganismen wie Bakterien oder Pilze die Kultur vollständig zerstören können. Typisch ist eine Sterilisation der *Explantate* mittels Ethanol- und Natriumhypochlorit-Lösung. Auch das Arbeitsumfeld – wie Pinzetten, Petrischalen und die Nährmedien – werden unter sterilen Bedingungen vorbereitet. Eine sorgfältige Sterilisation erhöht nicht nur die Erfolgsrate, sondern reduziert auch Verluste durch Kontamination, was besonders bei empfindlichen oder seltenen Pflanzenarten entscheidend ist. (Pithiya, Sharma, Sharma, Sharma, & Kotwal, 2022)

Nährmedium: was Pflanzenzellen wirklich brauchen

Neben der sterilen Umgebung ist das Nährmedium (oder kurz Medium) das Wichtigste bei der Gewebekultur, denn es soll den Zellen alle nötigen Stoffe für Wachstum, Zellteilung und Differenzierung liefern. Das gängigste Wachstums-Medium (Substrat) basiert auf der Zusammensetzung von *Murashige und Skoog* (MS). (Pithiya, Sharma, Sharma, Sharma, & Kotwal, 2022) Zusätzlich werden Vitaminkomplexe, ein pufferndes System sowie pflanzliche Hormone (*Auxine* und *Cytokinine*) zugesetzt, um die Organ- oder Embryobildung gezielt zu steuern. (Yun Long, 2022) Auch das Verfestigen mit Agar ist gängig, um eine stabile Oberfläche für das Pflanzenmaterial zu schaffen. (Pithiya, Sharma, Sharma, Sharma, & Kotwal, 2022)

SO LÄUFT DAS IM LABOR AB

Die Mikrovermehrung wird in sechs Schritten gegliedert. Zuerst wird geeignetes Material ausgesucht, dann sterilisiert. Weitere Schritte umfassen die Einleitung der Sprossbildung, Sprosswachstum, Vermehrung gefolgt von Wurzelbildung und abschließend der Akklimation der Pflanzen an nicht-sterile Bedingungen. (Abb. 2) Jeder Schritt wird gesteuert durch spezifisch abgestimmte Medienkomponenten und Hormonzusätze. (Pant & Husen, 2022)

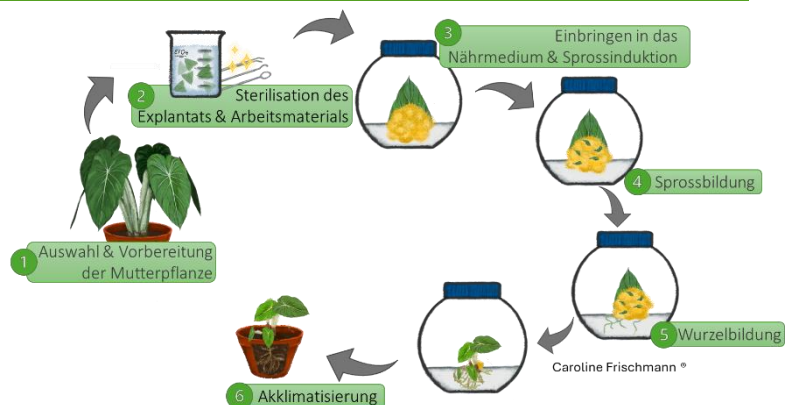


ABB. 2: GLIEDERUNG DER PRODUKTIONSSCHRITTE DER MIKROPROPAGATION

² Meristem ist in den Wachstumszonen der Pflanze gelegenes Zellgewebe, das durch fortgesetzte Teilungen neue Pflanzenteile hervorbringen kann

ANWENDUNGSBEISPIELE & AUSBLICK

Neben der kommerziellen Nutzung ermöglicht die Mikrovermehrung die Konservierung seltener oder gefährdeter Pflanzenarten, indem sie genetisches Material *in vitro* bewahrt und reproduziert.

Durch die Vermehrung genetisch identischer, gesunder Pflanzen wird die Verbreitung von Viren und anderen Pathogenen verhindert – besonders im Gartenbau und der Lebensmittelproduktion ist das wichtig zur Deckung der steigenden Nachfrage. (Tarraf, 2024)

Auch zur Züchtung von Stressresistenzen (z. B. gegen Salz oder Dürre) und zur Produktion sekundärer Pflanzenstoffe (zum Beispiel Vitamine) könnte Mikropropagation zukünftig eingesetzt werden. (Nurtaza, 2024)

Identische Klone können der Landwirtschaft jedoch auch schaden. Ist ein Individuum anfälliger für bestimmte Schädlinge/Krankheiten, sind es die identischen Klone auch – es kann leichter zu Ausfällen des ganzen Ackers kommen. (Lobertant B., 2010)

Die Mikrovermehrung ist somit weit mehr als nur eine Labortechnik – sie ist ein vielseitiges Werkzeug mit wachsender Bedeutung für Landwirtschaft, Forschung und Umweltschutz. Ihre Fähigkeit, Pflanzen effizient, kontrolliert und krankheitsfrei zu vervielfältigen, macht sie zu einem unverzichtbaren Bestandteil moderner Pflanzenbiotechnologie. Angesichts globaler Herausforderungen wie Klimawandel, Artensterben und Ernährungssicherheit wird ihre Bedeutung in Zukunft noch wachsen. Die Kombination von Automatisierung und neuen Züchtungsmethoden eröffnet dabei Wege für eine nachhaltige Pflanzenproduktion – von der Grundlagenforschung bis zur praktischen Anwendung.

LITERATUR- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Bernula, D. B. (2019). Timely removal of exogenous cytokinin and the prevention of auxin transport from the shoot to the root affect the regeneration potential of *Arabidopsis* roots. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 327–339. <https://doi.org/10.1007/s11240-019-01730-3>
- Horstman, A. L. (2017). The Baby Boom transcription factor activates the Lec1–Abi3–Fus3–Lec2 network to induce somatic embryogenesis. *Plant Physiology*, 175, 848–857. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00232>
- Ikeuchi, M., Ogawa, Y., Iwase, A., & Sugimoto, K. (2016). *Plant regeneration: Cellular origins and molecular mechanisms. Development*, 143(9), 1442–1451. <https://doi.org/10.1242/dev.134668>
- Lobertant, B., & Altman, A. (2010). Micropropagation of plants. In *Encyclopedia of Industrial Biotechnology: Bioprocess, Bioseparation, and Cell Technology*. <https://doi.org/10.1002/9780470054581.eib442>
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., et al. (2013). *Brock Mikrobiologie* (13. Aufl.). Pearson Studium.
- Nurtaza, A., & Daurenbekov, D. (2024). In vitro conservation and genetic diversity analysis of rare species *Ribes janczewskii*. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82320-y>
- Pant, M., & Husen, A. (2022). In vitro micrografting to induce juvenility and improvement of rooting. In *Plant Biology, Sustainability and Climate Change: Environmental, Physiological and Chemical Controls of Adventitious Rooting in Cuttings* (pp. 439–453). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90636-4.00014-3>
- Pithiya, S. K. (2022). Advancements and challenges in plant tissue culture: A comprehensive overview. *Journal of Plant Biota*, 12–16. <https://doi.org/10.51470/JPB.2022.1.1.12>
- Tarraf, W., & Saad, A. (2024). In vitro biotechnology for conservation and sustainable use of plant genetic resources. *Plants*, 13, 1897. <https://doi.org/10.3390/plants13141897>
- Yun Long, Y., Yang, Y., & Zhang, L. (2022). New insights into tissue culture plant regeneration mechanisms. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.926752>

ABBILDUNGEN

- Abb. 1: Mechanismen der Mikropropagation Gegenüberstellung von De Novo Organogenese und Somatischer Embryogenese1
- Abb. 2: Gliederung der Produktionsschritte der Mikropropagation2