

Einsatz von Spitzwegerich in Saadmischungen für Wechselgrünland: Ertragseffekte, Potential von Ökotypen, Wirkung wertvoller Inhaltsstoffe und offene Fragen

M. Komainda¹, B. Reidy², J. Isselstein^{1,3}, S. Ineichen²

¹Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

²Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen, Schweiz

³Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung (CBL), Büsgenweg 1, 37077 Göttingen

Einleitung

Durch Diversifizierung von angesätem Grünland kann unter variierender Nutzungsintensität und -art die Ertragsleistung gesteigert werden (z.B. Grace *et al.*, 2018). Leistungsfähige Leguminosen führen über einen weiten Anteil an der Mischung zu starken Ertragseffekten bei massiv verringertem Stickstoffeinsatz (Nyfeler *et al.*, 2009). Im semi-intensiven Anbau dominieren deshalb Kleeegrasmischungen. Diese sind hinsichtlich ihrer Ertragsfähigkeit, Futterqualität und Eignung zur Beweidung und Konservierung umfangreich untersucht worden (Gierus *et al.*, 2012; Lüscher *et al.*, 2014; Elgersma & Sørensen, 2016; Ergon *et al.*, 2016ab). Die Erweiterung von Mischungen um die funktionelle Gruppe der dikotylen nicht-leguminosen Kräuter wird bereits länger diskutiert (Foster, 1988). Der Anbau von Mischungen (mit und ohne Kräutern) erlaubt eine Steigerung der Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern (Cong *et al.*, 2017), eine verbesserte Ausnutzung von limitierten Ressourcen (Husse *et al.*, 2017) und eine generell gute Futterqualität (mit Ausnahme des Sommers, wenn die Bestände stark altern) (Komainda & Isselstein, 2020). Feldexperimente zur Ertragsfähigkeit unterschiedlicher Kräutergrasmischung zeigen ein ausgesprochenes Potential unter variierenden Nutzungsintensitäten und sich verändernden Umweltbedingungen (Hofer *et al.*, 2016; Heshmati *et al.*, 2016; 2020). Hierbei zeigen vor allem Wegwarte (*Cichorium intybus* L.) und Spitzwegerich Potential (*Plantago lanceolata* L.), wobei letztere noch durch wertvolle Inhaltsstoffe besticht (Judson *et al.*, 2019). Ein Großteil der verfügbaren Untersuchungen in der Literatur befasst sich mit Vergleichen von mehr oder weniger standardisierten Mischungen mit solchen, die eine unterschiedliche Anzahl weiterer Kräuter enthalten (z.B. Grace *et al.*, 2018; Lorenz *et al.*, 2018). Systematische Studien, die die Hinzunahme einer Krautart bewerten sind rar oder häufig auf andere Krautarten als Spitzwegerich bezogen (z.B. Heshmati *et al.*, 2020). Für Spitzwegerich gibt es deshalb bislang wenig aussagekräftiges Datenmaterial, das eine agronomische Gesamtbewertung unter variierenden Anteilen in der Mischung erlaubt. Im vorliegenden Beitrag sollen verfügbare Informationen zum Potential von Spitzwegerich zur Absiche-

rung der agronomischen Eigenschaften und der Tierleistung herangezogen und zusammengefasst dargestellt werden.

Erweiterung von Mischungen um Kräuter – Potential im Futterbau und der Tierernährung

Abbildung 1 zeigt einen Vergleich von Kleegrasmischungen gegenüber Mischungen mit Spitzwegerich und Wegwarte in Abhängigkeit des Krautanteils in der Mischung sowie der Düngung für eine Reihe aus der Literatur zusammengestellte Versuche in unterschiedlichen Ländern (Dodd *et al.*, 2017; Cong *et al.*, 2017; Dhamala *et al.*, 2018; Maloney *et al.*, 2018; Heshmati *et al.*, 2016; 2020). Dabei wurden nur Versuche einbezogen, die eine klare Bewertung des Effekts einer Krautart erlauben. Es zeigt sich generell zumeist ein Ertragsvorteil sowie ein signifikanter Anstieg des Vorteils mit Düngung ($P < 0.05$). Dieser scheint jedoch unabhängig vom Krautanteil an der Mischung zu sein.

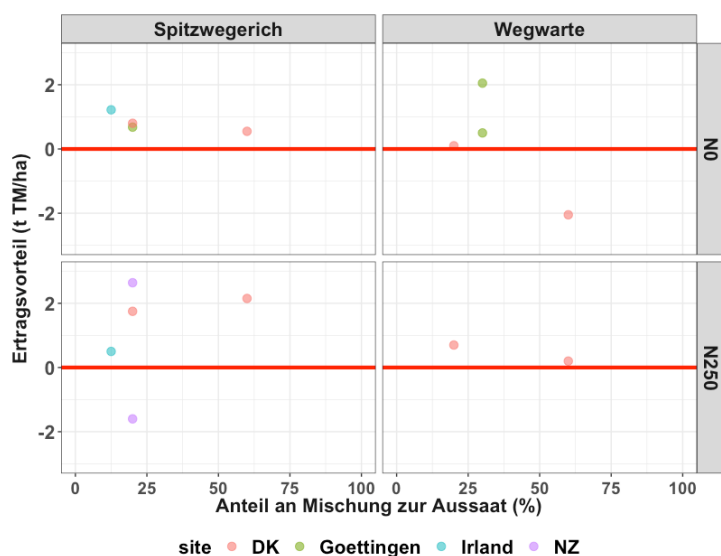


Abb. 1: Veränderung der Ertragsleistung durch den Einsatz von Kräutern in Abhängigkeit von Mischungsanteil und Stickstoffdüngung. Werte basierend aus Literaturangaben für unterschiedliche Länder (DK: Dänemark, NZ: Neuseeland). Positive Werte zeigen Mehrertrag durch Hinzunahme von Kräutern.

Unter Beweidung wurde dokumentiert, dass artenreiche Mischungen mit Kräutern gegenüber artenarmen Mischungen die Futteraufnahme und tierische Leistung steigern (Soder *et al.*, 2006; Seither *et al.*, 2012), was auf geringere NDF-Gehalte zurückgeführt wird (Derrick *et al.* 1993). Beweidung von Kräutern in Reinsaat oder Mischung führte in verschiedenen Versuchen zudem zu einer Steigerung der Milchleistung und Stickstoffnutzungseffizienz bei Milchkühen bzw. einer verbesserten Tageszunahme bei Lämmern (Fraser & Rowarth, 1996; Totty *et al.*, 2013; Pembleton *et al.*, 2016; Grace *et al.*, 2018). Kräuterreiches Wiesenfutter kann auch die Fettsäurezusammensetzung von Kuhmilch positiv beeinflussen (Ineichen *et al.*, 2019ab; Leiber *et al.*, 2004).

Spitzwegerich – Bedeutung für den Futterbau

Spitzwegerich ist historisch betrachtet eine wichtige ausdauernde Weidefutterpflanze (Foster, 1988) und ubiquitär im gemäßigten Klimabereich vom Flachland bis in Höhenlagen auf 1700 m präsent (Dietl & Jorquera, 2004). Ursprünglich als winter-dormantes, flach am Boden liegendes Kraut (Senghas & Seybold, 2003) beschrieben, wurde durch Züchtungsarbeit eine Bandbreite von Sorten entwickelt, die von spät blühenden, winter-dormanten Formen bis zu winteraktiven und aufrecht wachsenden Sorten reicht, beispielsweise ‚Ceres Tonic‘ oder ‚Grasslands Lancelot‘ (Stewart, 1996).

Medizinisch betrachtet kommt der Gattung *Plantago* eine Bedeutung als adstringierendes, demulgierendes, diuretisches, antivirales und antibakterielles Mittel zu (Marchesan *et al.*, 1998). Die biologisch aktiven Inhaltsstoffe von Spitzwegerich werden vorwiegend auf die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe Aucubin und Catalpol (zwei Iridoidglycoside), sowie das Phenylpropanoid Acteosid zurückgeführt (Damtoft *et al.*, 1983; Navarette *et al.*, 2016). Variabilität in der Konzentration dieser Inhaltsstoffe ist dabei zum einen genetisch determiniert (Bowers & Stamp, 1992; Stewart, 1996). Zum anderen wirken Umwelteffekte (Al-Mamun *et al.*, 2008). In einer Studie von Al-Mamun *et al.* (2008) wurden die Aucubinkonzentrationen von im Freiland gesammelten Spitzwegerichökotypen untersucht. Die Aucubinkonzentration der Ökotypen lag zwischen 0.98 und 4.2% der TM, diejenige von Zuchtsorten im Vergleich deutlich geringer (0.7 und 1.8% TM). Nach Tamura and Nishibe (2002) verändert sich die Konzentration von Aucubin in Spitzwegerichblättern über die Vegetationsperiode mit einer Zunahme zum Herbst, wobei junge Blätter 7-fach erhöhte Iridoid-Konzentrationen enthalten als alte Blätter (Bowers & Stamp, 1993). Lee *et al.* (2015) konnten zeigen, dass morpho-physiologische Änderungen im Verlauf der phänologischen Entwicklung mit der Nutzungsintensität interagieren. Wie sich diese Änderungen auf die Aucubinkonzentration von Spitzwegerich und damit den Gesamtbestand auswirken, ist weitgehend unbekannt. Ungeklärt ist bislang auch, ob die Aucubinkonzentration von Ökotypen asymptotisch auf veränderte Umweltbedingungen reagiert, d.h. ob eine Veränderung der Umwelt durch Nutzung (Schnitt vs. Weide, häufig vs. selten, viel vs. wenig Nährstoffeinsatz) mit einer veränderten Aucubinkonzentration einhergeht (Brower & Stamp, 1993).

Konsequenzen für Tier-Pflanze-Boden

Auswirkungen von Spitzwegerich auf tierindividuelle Leistungsparameter werden u.A. mit der Aucubinkonzentration erklärt. Einen Überblick zu möglichen Auswirkungen zeigt Tabelle 1. Durch Beweidung einer Mischung mit Spitzwegerich wurde die Stickstoffkonzentration im Urin von Milchkühen um 19% verringert (Totty *et al.*, 2013; Box *et al.*, 2016). Nach Cheng *et al.* (2017) wird ein größerer Anteil der Stickstoffaufnahme durch Körperretention angesetzt oder im Kot organisch gebunden ausgeschieden. *In vitro* konnte von Navarrate *et al.*, (2016) gezeigt werden, dass die ruminale Ammoniakbildung bei Verfütterung von Spitzwegerich verringert ist. So wird auch von einer Vergrößerung der Relation von Kot- zu Urinstickstoff ausgegangen. Aber auch die Konzentration diuretischer Inhaltsstoffe wird als Erklärung für eine reduzierte Stickstoffausscheidung via Urin herangezogen (O’Connell *et al.*, 2016). Die genetische Variabilität der Aucubinkonzentration von Spitzwegerichsorten ist am Tier messbar (Bowers & Stamp, 1992). In einem Fütterungsversuch unterschiedlicher Spitzwegerichsorten an Schafe, wurde die Variabilität der

diuretischen Wirkung auf die sortenbedingte Variabilität der Aucubinkonzentration zurückgeführt (Judson *et al.*, 2018). Der diuretische Effekt wird auch mit einer erhöhten Wasseraufnahme durch die Spitzwegerichbiomasse erklärt (Cheng *et al.*, 2017).

Tab. 1: Wirkung der Fütterung von Rationen mit Spitzwegerich an Wiederkäuer

Effekt	Tierart	Quelle
gesteigerte Futteraufnahme	Mutterschafe	Robertson <i>et al.</i> , 1995
Anthelmintische Wirkung	Mutterschafe	Judson <i>et al.</i> , 2019
erhöhte Milchproduktion	Mutterschafe	Kenyon <i>et al.</i> , 2010
erhöhte Tageszunahmen	Mastlämmer	Kemp <i>et al.</i> , 2013
geringere Stickstoffausscheidung im Urin	Milchkühe	Totty <i>et al.</i> , 2013; Cheng <i>et al.</i> , 2017
geringere ruminale Ammoniakbildung	Milchkühe	Navarrette <i>et al.</i> , 2016
verbesserte MilCHFettsammensetzung,	Milchkühe	Ineichen <i>et al.</i> , 2019a
verbesserte Stickstoffnutzungseffizienz	Milchkühe	Pembleton <i>et al.</i> , 2016
geringere Lachgasemissionen	Milchkühe	Simon <i>et al.</i> , 2019
geringere Nitratauswaschung	Milchkühe	Judson <i>et al.</i> , 2018

Lachgas- und Nitratemissionen an Urinstellen sind die maßgeblichen Verlustquellen auf Weideflächen. Spitzwegerich verringert nicht nur die Stickstoffkonzentration im Urin, sondern auch die gesamte Stickstoffausscheidung von Rindern und wirkt offensichtlich hemmend auf die Nitrifikation im Boden (Bryant *et al.*, 2018; Judson *et al.*, 2018). Durch eine Steigerung der Spitzwegerichanteile in Weideflächen konnte die Emission von Lachgas (N₂O) verringert werden (Simon *et al.*, 2019), was sich durch eine verlangsamte Nitrifikation im Boden erklären lässt (Pijlman *et al.*, 2020). Kräuter erweisen sich offensichtlich auch als Option zur Verringerung der Methanemission (Bodas *et al.*, 2008). In Neuseeland und den Niederlanden gewinnt Spitzwegerich aufgrund seiner Eigenschaften derzeit an Bedeutung (Judson *et al.*, 2019; Pijlman *et al.*, 2020). Spitzwegerich besitzt somit Potential für die Entwicklung klimaschonender Anbausysteme unterschiedlicher Nutzungsrichtungen.

Ableitungen und Ausblick

In Deutschland sowie der Schweiz werden zurzeit offiziell keine Mischungen mit Spitzwegerich oder Kräutern empfohlen. Vorbehalte gegenüber Spitzwegerich in der landwirtschaftlichen Praxis sind vermutlich auf nicht hinreichend bekannte Auswirkungen auf die Futterqualität Bestandsentwicklung und Futterkonservierungseigenschaften zurückzuführen.

Es ergeben sich zwei zentrale Fragen: Es ist erstens nicht hinreichend untersucht, wie sich die morpho-physiologische Entwicklung von Spitzwegerich im Verlauf der Vegetationsperiode auf die Aucubinkonzentration auswirkt und ob diese Änderung von der Nutzungsintensität und dem Pflanzenbestand beeinflusst wird. Zudem sind Effekte auf die Futterqualität von Spitzwegerich und des Gesamtbestandes sowie auf die Aucubinkonzentration in Interaktion mit der Nutzungsintensität unbekannt. Zweitens ist die Variabilität der Aucubinkonzentration von Ökotypen in Abhängigkeit sich veränderter Umweltbedingungen ungeklärt. Erst durch Erkenntnisse in diesem Kontext, können geeignete Kandidaten in Zuchtprogramme aufgenommen werden. Diese Fragen sind vor der Empfehlung von Mischungen für den Anbau sicher zu beantworten. Hierbei ist auch ungeklärt, ob Spitzwe-

gerich in Mischungen den Gras-, den Leguminosenpartner oder beide anteilig ersetzen sollte und in welchen Anteilen ein Einsatz sinnvoll erscheint.

Literatur

- Al-Mamun, M., Abe, D., Kofujita, H., Tamura, Y., Sano, H. (2008). Comparison of the bioactive components of the ecotypes and cultivars of plantain (*Plantago lanceolata* L.) herbs. *Animal Science Journal*, 79, 83–88.
- Bodas, R., López, S., Fernández, M., García-González, R., Rodríguez, A.B., Wallace, R.J., González, J.S. (2008). *In vitro* screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 245–258.
- Bowers, M.D., Stamp, N.E. (1992). Chemical variation within and between individuals of *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae). *Journal of Chemical Ecology*, 18, 985–995.
- Bowers, M.D., Stamp, N.E. (1993). Effects of plant age, genotype, and herbivory on *Plantago* performance and chemistry. *Ecology*, 74, 1778–1791.
- Box, L.A., Edwards, G.R., Bryant, R.H. (2016). Milk production and urinary nitrogen excretion of dairy cows grazing perennial ryegrass-white clover and pure plantain pastures. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 76, 18–21.
- Bryant, R.H., Welten, B.G., Costall, D., Shorten, P.R., Edwards, G.R. (2018). Milk yield and urinary-nitrogen excretion of dairy cows grazing forb pasture mixtures designed to reduce nitrogen leaching. *Livestock Science*, 209, 46–53.
- Cheng, L., Judson, H.G., Bryant, R.H., Mowat, H.A., Guinot, L., Hague, H., Taylor, S., Edwards, G.R. (2017). The effects of feeding cut plantain and perennial ryegrass-white clover pasture on dairy heifer feed and water intake, apparent nutrient digestibility and nitrogen excretion in urine. *Animal Feed Science and Technology*, 229, 43–46.
- Cong, W.-F., Jing, J., Rasmussen, J., Soegaard, K., Eriksen, J. (2017). Forbs enhance productivity of unfertilised grass-clover leys and support low-carbon bioenergy. *Scientific Reports*, 7, 1422, 1–10.
- Damtoft, S., Rosendal Jensen, S., Nielsen, B.T. (1983). The biosynthesis of iridoid glucosides from 8-epi-deoxyloganic acid. *Biochemical Society Transactions*, 11, 593–594.
- Derrick, R.W., Moseley, G., Wilman, D. (1993). Intake, by sheep, and digestibility of chickweed, dandelion, dock, ribwort and spurrey, compared with perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science* 120, 51–61.
- Dhamala, N.R., Rasmussen, J., Carlsson, G., Soegaard, K., Eriksen, J. (2018). Effects of including forbs on N₂-fixation and N yield in red clover-ryegrass mixtures. *Plant Soil*, 424, 525–537
- Dietl, W., Jorquera, M., (2004). *Wiesen- und Alpenpflanzen: Erkennen an den Blättern – Freuen an den Blüten*. Österreichischer Agrarverlag, 2. Auflage 2004. ISBN: 3-7040-2082-6.

- Dodd, M.B., Dalley, D.E., Elliott, D., Wims, C.M. (2017). Establishment year productivity, botanical composition and nutritive value of grass/lucerne/plantain dairy pasture mixtures. *Journal of New Zealand Grasslands*, 79, 223-228.
- Elgersma, A., Søgaard, K. (2016). Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy* 78, 73–83.
- Ergon, Å., Kirwan, L., Bleken, M.A., Skjelvåg, A.O., Collins, R.P., Rognli, O.A. (2016a). Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies. I. dry-matter yield and dynamics of species composition. *Grass and Forage Science* 71, 667–682.
- Ergon, Å., Kirwan, L., Fystro, G., Bleken, M.A., Collins, R.P., Rognli, O.A. (2016b). Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies. II. Nutritional quality. *Grass and Forage Science* 72, 333–342.
- Fraser, T.J., Rowarth, J.S. (1996). Legumes, herbs or grass for lamb performance. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 58, 49-52.
- Foster, L. (1988). Herbs in pastures. Development and research in Britain, 1850-1984. *Biological Agriculture and Horticulture* 5, 97–133.
- Grace, C., Boland, T.M., Sheridan, H., Lott, S., Brennan, E., Fritch, R., Lynch, M.B. (2018). The effect of increasing pasture species on herbage production, chemical composition and utilization under intensive sheep grazing. *Grass and Forage Science*, 73, 852–864.
- Heshmati, S., Tonn, B., Isselstein J. (2016). Does the variety of *Lolium perenne* affect the performance of binary and multi-species mixtures? In Höglind M, Bakken AK, Hovstad KA, Kallioniemi E, Riley H, Steinshamn H, Østrem L (eds), *The Multiple Roles of Grassland in the European Bioeconomy*. Trondheim, Norway, *Grassland Science in Europe*, 21, pp. 660–662.
- Heshmati, S., Tonn, B., Isselstein, J. 2020. White clover population effects on the productivity and yield stability of mixtures with perennial ryegrass and chicory. *Field Crops Research*, 252, 107802.
- Hofer, D., Suter, M., Haughey, A., Finn, J.A., Hoekstra, N.J., Buchmann, N., Lüscher, A., 2016. Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *J Appl Ecol.* 53, 1023-1034.
- Husse, S., Lüscher, A., Buchmann, N., Hoekstra, N.J., Huguenin-Elie, O. (2017). Effects of mixing forage species contrasting in vertical and temporal nutrient capture on nutrient yields and fertilizer recovery in productive grasslands. *Plant and Soil*, 420, 505–521.
- Ineichen, S., Marquardt, S., Wettstein, H.-R., Kreuzer, M., Reidy, B. (2019a). Milk fatty acid profile and nitrogen utilization of dairy cows fed ryegrass-red clover silage containing plantain (*Plantago lanceolata* L.). *Livestock Science*, 221, 123–132.
- Ineichen, S., Kuenzler, A.D., Kreuzer, M., Marquardt, S., Reidy, B. (2019b). Digestibility, nitrogen utilization and milk fatty acid profile of dairy cows fed hay from species rich mountainous grasslands with elevated herbal and phenolic contents. *Animal Feed Science and Technology*, 247, 210–221.

Judson, H.G., Fraser, P.M., Peterson, M.E., Edwards, G.R. (2018). Specific genotypes of plantain (*Plantago lanceolata*) vary in their impact on sheep urine volume and nitrification in the urine patch. *Journal of New Zealand Grasslands*, 80, 125–128.

Judson, H.G., Stewart, A.V., Moorhead, A.J., Fraser, T.M., Peterson, M., Kemp, P.D., Edwards, G.R. (2019). The use of *Plantago lanceolata* to reduce nitrate leaching from the urine patch. *Grassland Science in Europe*, 24, 60–62.

Komainda, M., Isselstein, J. (2020). Effects of functional traits of perennial ryegrass cultivars on forage quality in mixtures and pure stands. *The Journal of Agricultural Science*, 2020, 1–12.

Lee, J.M., Hemmingson, N.R., Minnee, E.M.K., Clark, C.E.F. (2015). Management strategies for chicory (*Cichorium intybus*) and plantain (*Plantago lanceolata*): impact on dry matter yield, nutritive characteristics and plant density. *Crop and Pasture Science*, 66, 168–183.

Leiber, F., Kreuzer, M., Jörg, B., Leuenberger, H., Wettstein, H.-R. (2004). Contribution of altitude and alpine origin of forage to the influence of alpine sojourn of cows on intake, nitrogen conversion, metabolic stress and milk synthesis. *Animal Science*, 78, 451–466.

Li, D., Watson, C.J., Yan, M.J., Lalor, S., Rafique, R., Hyde, B., Lanigan, G., Richards, K.G., Holden, N.M., Humphreys, J. (2013). A review of nitrous oxide mitigation by farm nitrogen management in temperate grassland-based agriculture. *Journal of Environmental Management*, 128, 893–903.

Lorenz, H., Loges, R., Kluß, C., Taube, F. (2018). Der Einfluss der Nutzungshäufigkeit auf die Ertragsleistung von Klee grasbeständen mit und ohne Kräuteranteil - eine 4-jährige Feldstudie, AGGF-Tagungsband, 2018, 203-208

Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, F., Rees, R.M., Peyraud, J.L. (2014). Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*, 59, 206–228.

Marchesan, M., Paper, D.H., Hose, S., Franz, G. (1998). Investigation of the anti-inflammatory activity of liquid extracts of *Plantago lanceolata* L. *Phytotherapy Research*, 12, 33–34.

Moloney, T., Sheridan, H., Grant, J., O’Riordan, E.G., O’Kiely, P. (2018). Yield of binary- and multi-species swards relative to single-species swards in intensive silage systems. *Irish J of Agricultural and Food Research*, 59, 12-26.

Navarrete, S., Kemp, P.D., Pain, S.J., Back, P.J. (2016). Bioactive compounds, aucubin and acetoside, in plantain (*Plantago lanceolata* L.) and their effect on *in vitro* rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 158–167.

Pembleton, K.G., Hills, J.L., Freeman, M.J., McLaren, D.K., French, M., Rawnsley, R.P. (2016). More milk from forage: Milk production, blood metabolites, and forage intake of dairy cows grazing pasture mixtures and spatially adjacent monocultures. *Journal of Dairy Science*, 99, 3512–3528.

Pijlman, J., Berger, S.J., Lexmond, F., Bloem, J., van Groenigen, J.W., Visser, E.J.W., Erisman, J.W., van Eekeren, N. (2020). Can the presence of plantain (*Plantago lanceolata*) improve nitrogen cycling of dairy grassland systems on peat soils? *New Zeal Journal Agricultural Research*,

- O'Connell, C.A., Judson, H.G., Barrell, G.K. (2016). Sustained diuretic effect of plantain when ingested by sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 76, 14–17
- Seither, M., Wrage, N., Isselstein, J. (2012). Sward composition and grazer species effects on nutritive value and herbage accumulation. *Agronomy Journal*, 104, 497.
- Senghas, K., Seybold, S. (2003). *Flora von Deutschland und angrenzender Länder*. Quelle & Meyer, Wiebelsheim, Germany, 92 edition.
- Simon, P.L., de Klein, C.A.M., Worth, W., Rutherford, A.J., Dieckow, J. (2019). The efficacy of *Plantago lanceolata* for mitigating nitrous oxide emissions from cattle urine patches. *Science of the Total Environment*, 691, 430–441.
- Soder, K., Sanderson, M., Stack, J., Muller, L. (2006). Intake and performance of lactating cows grazing diverse forage mixtures. *Journal of Dairy Science*, 89, 2158–2167.
- Stewart, A.V. (1996). Plantain (*Plantago lanceolata*) – a potential pasture species. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 58, 77–86.
- Stewart, A.V., Judson, H.G. (2019). Developments in the use of plantain (*Plantago lanceolata*) cultivars in New Zealand. *Grassland Science in Europe*, 24, 518–520.
- Tamura, Y., Nishibe, S. (2002). Changes in the concentration of bioactive compounds in plantain leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2514–2518.
- Totty, V., Greenwood, S., Bryant, R., Edwards, G. (2013). Nitrogen partitioning and milk production of dairy cows grazing simple and diverse pastures. *Journal of Dairy Science*, 96, 141–149.