

Vergleich verschiedener Klee-Gras-Mischungen anhand der Wurzel- und Sprossleistung

Michaela Braun¹, Harald Schmid² & Thomas Grundler¹

Fachhochschule Weihenstephan¹

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, WZW, TU München²

Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es einen Beitrag zur Optimierung der Klee-gras-Gemenge im Hinblick auf verbesserte Wurzelleistung, hohen Sprossertrag, höherer Artenvielfalt und Tiergesundheit zu liefern. Im einem Feldversuch (2007) wurde eine handelsübliche Klee-gras-Mischung (NF3) zwei selbst zusammengestellte Mischungen mit erhöhtem Leguminosen- und Kräuteranteil (FMB und GDM) bei unterschiedlichen Nutzungen (Schnitt und Mulch) gegenübergestellt. Sprossertrag, N-Entzug, symbiontisch fixierte N-Menge, Bestandeszusammensetzung und Wurzelparameter wurden gemessen. Die Bestandeszusammensetzung verschob sich in den Mulchvarianten zu Gunsten des Grasanteils. Einige Kräuter konnten sich während der gesamten Vegetation gut behaupten. Der Sprossertrag war unabhängig von den Mischungs- und Nutzungsvarianten. Die Menge an symbiontisch fixiertem Stickstoff lag in der NF3-Mischung bei jährlich 90 kg N ha⁻¹, in der FMB bei 290 kg N ha⁻¹ und in der GDM bei 340 kg N ha⁻¹. Die GDM wies eine signifikant geringere Wurzellänge als FMB und NF3 auf, die mit dem geringen Grasanteil zu begründen ist. Die Wurzeltrockenmassen nahmen in der Reihenfolge NF3 < GDM < FMB signifikant zu. Eine gleichmäßigere Durchwurzelung aller Bodenschichten wurde in den Varianten FMB und GDM durch die Hinzunahme der tiefwurzelnden Arten erreicht.

Summary

The field study aimed to optimise the clover-grass composition regarding improved root characteristics, the shoot biomass, the range of varieties as well as the health of livestock and animals. The field experiment compared the root system of a regular grass-clover (NF3) mixture with two self-combined mixtures (FMB and GDM with more legumes and herbs). In order to evaluate the quality of grass-clover as feed or green manure the composition of the grass-clover stands was analysed and the dry matter as well as the total nitrogen content accumulated by shoots and roots were determined. Since grass-clover is used both for feed or for green manure the assessment was conducted separately on two management systems (cutting and mulching).

1. In the management variants of mulching the stand composition (species richness) shifted in favour of the amount of grass. A few of the herbs managed to do well in the mixtures during the whole vegetation period despite intensive management.
2. In both management systems (cutting and mulching) the dry matter yield of shoots reached about 165 dt ha⁻¹.
3. The level of symbiotically fixed nitrogen accumulated in shoots and roots of NF3 was about 90 kg N ha⁻¹, of FMB 290 kg N ha⁻¹ and of GDM 340 kg N ha⁻¹.
4. GDM showed the smallest root length (95 km m⁻²) due to its lower amount of grass. FMB and NF3 achieved a length of 130 km m⁻² (depth: 0-30 cm).

5. The root radius of NF3 (0.11 mm) was small due to the high amount of fine roots. FMB and GDM both reached values of 0.13 mm, and both had more taproots.
6. Measurements of root biomass gave high yields (FMB 81 dt TM ha⁻¹, GDM 65 dt TM ha⁻¹, NF3 53 dt TM ha⁻¹).
7. The excavation method provides a clear picture of the entire root system of a plant in its spread. A constant root penetration could be reached in FMB and GDM because of the deep root systems of their crops.

Einleitung

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht die qualitative und quantitative Bestimmung der ober- und unterirdischen Biomasse von unterschiedlich zusammengesetzten Klee-Gras-Gemengen bei unterschiedlicher Nutzung (Mulch und Schnitt).

Der Anbau von Klee-Gras-Gemengen erfolgt zur Sicherung der Futterbasis in tierhaltenden Betrieben. Neben einer hohen Flächenproduktivität steht hierbei die Ausschöpfung der Futteraufnahmekapazität, bedingt durch Schmackhaftigkeit, im Mittelpunkt.

In reinen Ackerbaubetrieben hingegen basiert die innerbetrieblich erzeugte Bodenfruchtbarkeit primär auf diesem Fruchtfolgeglied. Die mehrjährige Bodenruhe und die großen Mengen an EWR (Ernte- und Wurzelrückständen) der Futterleguminosen tragen maßgeblich zur Steigerung bzw. Stabilisierung der Bodenfruchtbarkeit der Ackerböden bei. Leguminosen (sowie Gemenge) sind in ökologisch wirtschaftenden Betrieben, infolge ihrer Symbiose mit Knöllchenbakterien - neben den organischen Düngern der Tierhaltung - der Hauptlieferant an Stickstoff für die gesamte Fruchtfolge.

Aus diesem Grund erfolgte zusätzlich zur oberirdischen Ertragbestimmung die Quantifizierung der Gesamt-Biomasseproduktion (Spross und Wurzel).

Zur Ermittlung der Wurzel- und Sprossleistungen unterschiedlich zusammengesetzter Kleeegrasmischungen wurde ein Feldversuch angesetzt. Mit den Ergebnissen soll ein Beitrag zur Optimierung von Kleeegras-Gemengen im Hinblick auf Wurzelleistung, Sprossertrag, Artenvielfalt und Tiergesundheit geliefert werden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 2007 auf dem Bioland-Betrieb Braun in Freising, am Rande der Münchner Schotterebene (Bodenart: UT-Tu, mittlere Jahrestemperatur: 7,6 °C, mittlerer Jahresniederschlag: 800 mm) im Rahmen einer zweifaktoriellen Spaltanlage in zweifacher Wiederholung durchgeführt. Im Feldversuch wurde eine handelsübliche Kleeegrasmischung (NF3 - mehrjähriges Rotklee gras der Bayerischen Futtersaatbau (BSV)) mit zwei selbst zusammengestellten Mischungen mit erhöhtem Leguminosen- und Kräuteranteil (FMB und GDM) verglichen (Abb. 1).

Die Zusammenstellung der Mischungen erfolgte nach den Kriterien „hohe Wurzelleistung“, „guter Sprossertrag“, „hohe Artenvielfalt“ und „Tiergesundheit“. Nach Lippert (1953) erhöhen wertvolle Kräuter (z. B. Spitzwegerich, Wiesenkümmel, kleine Bibernelle, Wiesenknopf, Schafgarbe, Wilde Möhre) in der Mischung den Futterwert, die Schmackhaftigkeit und so die Futteraufnahme. Eine optimale Bodendurchwurzelung ist dann gewährleistet, wenn möglichst der gesamte Bodenraum vollständig durchwurzelt ist. Um dies zu erreichen, muss die Mischung aus einer Kombination unterschiedlicher Flach-, Mitteltief- und Tiefwurzler bestehen. Für die Zusammenstellung der Kleeegrasmischung wurde die Wurzelatlasreihe von Kutschera et al. (1960, 1982, 1992) zu Hilfe genommen.

Artenzusammensetzung der Mischungen:

- NF3: Rotklee, Luzerne, Weißklee, Schwedenklee, Deutsches Weidelgras, Wiesen-schwengel, Knaulgras, Lieschgras, Wiesenfuchsschwanz, Wiesenrispe, Rotschwengel

- FMB: Luzerne, Gelbkle, Weißkle, Hornkle, Esparsette, Rohrschwengel, Wehrlose Trespe, Wiesenrispe, Spitzwegerich, kleine Bibernelle, Wilde Möhre, Schafgarbe, Wiesenkümmel, Wiesenknopf
- GDM: Luzerne, Gelbkle, Weißkle, Sichelluzerne, Steinklee, Hornkle, Rohrschwengel, kleine Bibernelle.

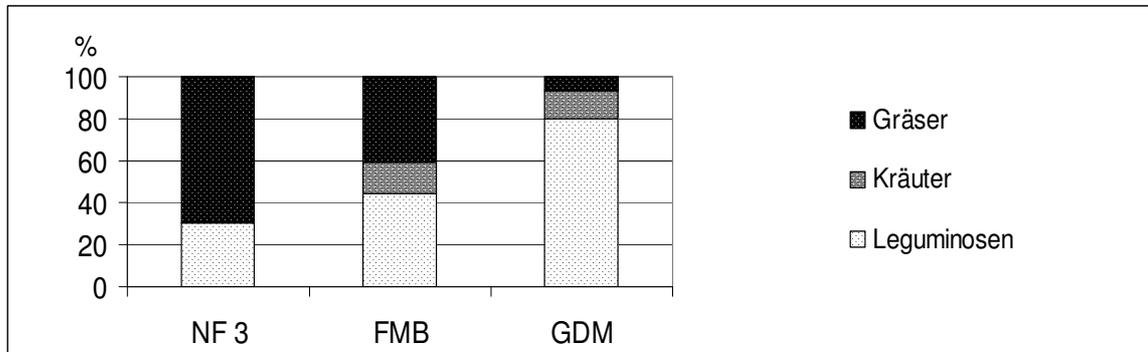


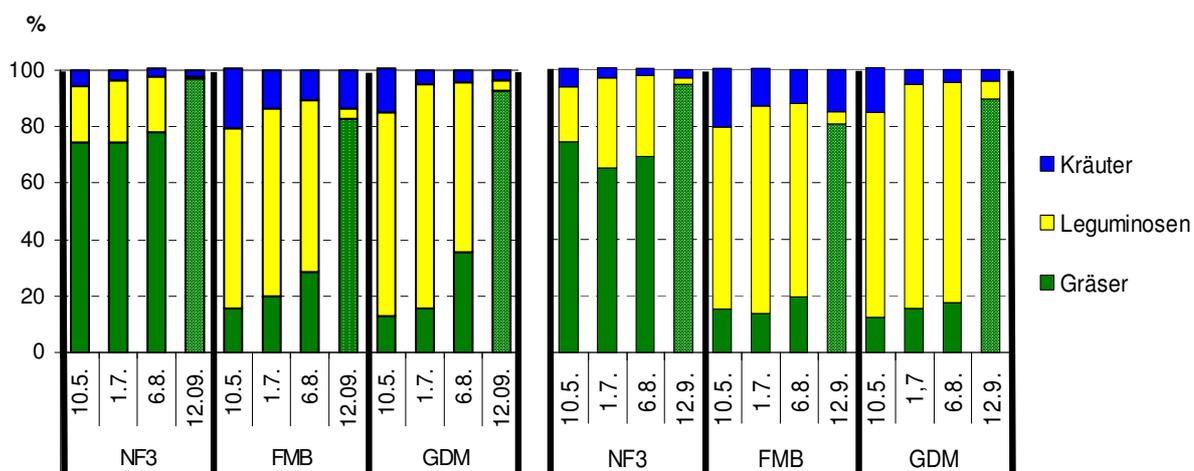
Abb. 1: Artenanteile (Flächen-%) der drei geprüften Klee-grasgemenge zur Saat (Sommer 2006)

Für die Untersuchungen wurden Gründüngung (Mulch) und Futternutzung (Schnitt) im ersten Hauptnutzungsjahr untersucht. Zu jeder Nutzung erfolgten die Ertragsmessung des Sprosses mit Hilfe eines Biomasse-Vollernters, die N-Gehaltsbestimmung im Erntegut, sowie die Ertragsanteilsschätzung nach KLAPP & STÄHLIN (1936). Die Wurzelbeprobung der Krume zur ersten und dritten Nutzung erfolgte mit der Bohrkernmethode (BÖHM 1979). Die Bestimmung der Wurzellänge erfolgte nach der Schnittpunktmethode von NEWMAN (1966). Der Wurzelradius wurde direkt gemessen. Die Wurzeltrockenmasse wurde aus Wurzellänge und Wurzelradius errechnet, wobei der Trockensubstanzgehalt der Wurzeln nach GREGORY et al. (1978) mit 10 % angesetzt wurde. Neben dieser Berechnung der Wurzeltrockenmasse wurde sie in einer Variante durch Trocknung bei 95 °C bis zur Gewichtskonstanz bestimmt. Zur dritten Nutzung wurden zudem die Wurzeln an Profilgruben mit der Ausgrabungsmethode (KUTSCHERA 1960) über das gesamte Bodenprofil bestimmt. Die symbiotische N-Fixierleistung wurde nach HÜLSBERGEN (2003) und HEUWINKEL (1999) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Bestandeszusammensetzung und -entwicklung

Die Bestandesschätzungen lassen die Schlussfolgerung zu, dass sich einige Kräuter (Spitzwegerich - *Plantago lanceolata*, Kleine Bibernelle - *Pimpinella saxifraga* und Schafgarbe - *Achillea millefolium*) sehr gut in intensiven Klee-gras-mischungen etablieren lassen (Abb. 2). Die Ergebnisse der letzten Zwischenernte (12.9.) sind zwar mit aufgeführt, können aufgrund hoher Mäuseschäden jedoch nicht gewertet werden.



Sprossertrag

Die erzielten Sprosserträge der einzelnen Varianten sind mit 158-173 dt TM ha⁻¹ überdurchschnittlich hoch. Die Sprosserträge der einzelnen Varianten unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluss der Mischung und Nutzung auf die Biomassebildung

	ME	NF 3		FMB		GDM	
		Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt
Sprossertrag (TM)	dt ha ⁻¹	165 ^a	162 ^a	165 ^a	159 ^a	164 ^a	162 ^a
Stoppel 7 cm (TM)	dt ha ⁻¹	10	10	10	10	10	10
Wurzelmasse (TM)	dt ha ⁻¹	53 ^a	52 ^a	73 ^b	78 ^b	60 ^a	57 ^a
Wurzellänge	km m ⁻²	138 ^a	132 ^a	128 ^a	136 ^a	99 ^b	93 ^b
Wurzelradius	mm	0,11 ^a	0,11 ^a	0,13 ^b	0,13 ^b	0,13 ^b	0,13 ^b
Wurzellängendichte	cm cm ⁻³	46 ^a	44 ^a	43 ^a	46 ^a	33 ^b	31 ^b

Signifikante Unterschiede zwischen Mischungen und Nutzungen sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (T-Test, p = 0,05).

Wurzelleistung

Bei den einzelnen Wurzelparametern wurden zwischen den Mischungen signifikante Unterschiede festgestellt. Die unterschiedliche Nutzung (Mulch, Schnitt) hatte hingegen keinen Einfluss auf die unterirdische Biomassebildung (Tab. 1).

Wurzellänge und -längendichte:

Die Wurzellänge und -längendichte spiegeln den hohen Feinwurzelanteil der Gräser wider, so dass die grasarme Mischung GDM deutlich geringere Wurzellängen- (und Wurzellängendichten) erreicht (Abb. 3).

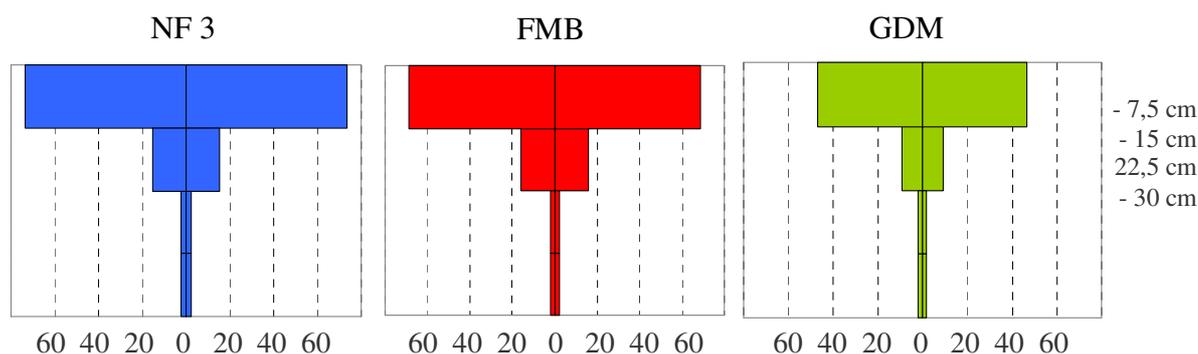


Abb. 3: Durchwurzelungsintensität (cm cm⁻³) der Mischungsvarianten

Wurzelradius:

Beim Wurzelradius heben sich die Mischungen FMB und GDM aufgrund der hohen Leguminosenanteile und somit des hohen Anteils an Pfahlwurzeln deutlich von der gräserbetonten Mischung ab (Tab. 1).

Wurzeltrockenmasse:

Die höchsten Wurzelmassen weist die FMB aufgrund der hohen Wurzellänge und des hohen Anteils an dicken Wurzeln auf. Die geringere Wurzellänge verbunden mit höheren Wurzelradien führt bei der GDM zu ähnlichen Wurzelmassen wie bei der Mischung NF3 unter umgekehrtem Vorzeichen (geringer Wurzelradius und hohe Wurzellänge) (Tab. 1).

Wurzelbilder

Durch das Freilegen der Wurzeln konnte die Wurzelverteilung im Unterboden veranschaulicht werden. Der Vergleich der Mischungsvarianten ergab, dass die Varianten FMB und GDM eine sehr gleichmäßige Durchwurzelung des gesamten Bodenprofils aufwiesen. Die NF3-Mischung hingegen, hauptsächlich aus flachwurzeln Arten bestehend, hat den Unterboden nur mäßig durchwurzelt. Im Gegensatz dazu wurden in der GDM im Unterboden viele Wurzeln von *Medicago sativa*, aber auch Wurzeln von *Festuca arundinacea* und *Pimpinella saxifraga* freigelegt. Zudem konnten in der FMB auch tiefwurzeln Kräuter und *Onobrychis sativa* bis zum Grundwasserhorizont verfolgt werden (Abb. 4).

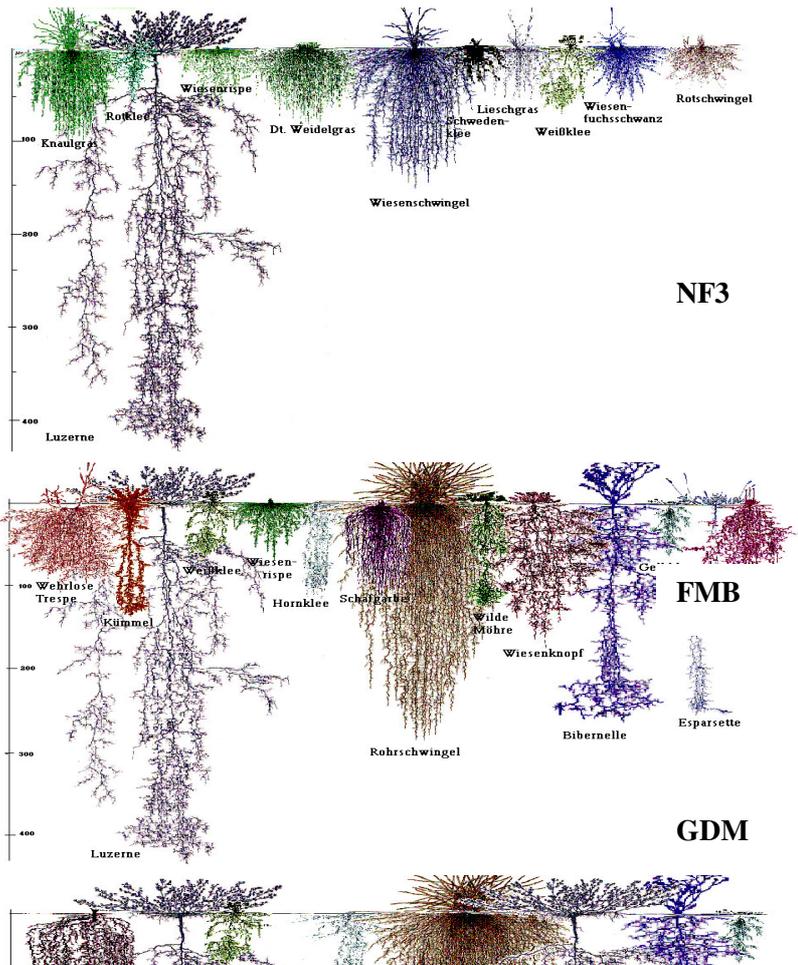
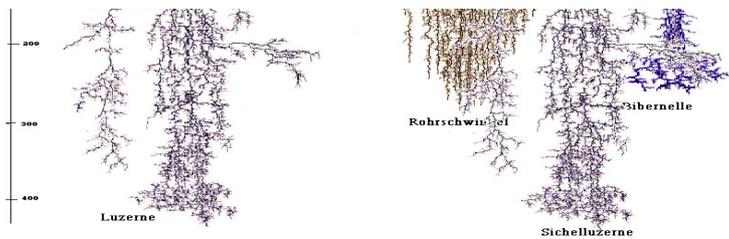


Abb. 4: Wurzelbilder – Einzelpflanzen (nach KUTSCHERA 1960)



1 *Acrota murejorum*,
 r nicht in die Tiefe
 er Gruppe der Gräser, da
 50-180 cm) ausbreitet.
 nd *Daucus carota* zählen
 lurchwurzeln, aber mit
 sen *Trifolium repens*,

Lotus corniculatus und *Medicago lupulina* bilden die Mittelschicht in der Tiefendurchwurzelung.

N₂-Fixierung

Die Mischungszusammensetzung hat Einfluss auf den N-Entzug (Tab. 2). Für die grasreiche (und im N-Gehalt deutlich niedrigere) Mischung NF3 wurde ein geringerer N-Entzug ermittelt. Für die leguminosenreichen Mischungen FMB und GDM werden deutlich höhere symbiotische N-Fixierungsleistungen (450-550 kg N ha⁻¹) berechnet als für die NF3-Mischung (120-150 kg N ha⁻¹). Diese berechneten N-Fixiermengen der Schnittvarianten stimmen sehr gut mit den in der Literatur beschriebenen Mengen überein (HEUWINKEL et al. 2005). Dieses gilt in gleicher Weise für die Mulchvarianten. Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die N₂-Fixierleistung der Mulchvarianten, in Folge des hohen N-Pegels im Boden (Mineralisierung aus dem Mulch) wahrscheinlich nur 2/3 der Fixierleistung der Schnittvarianten erreicht (vgl. HEUWINKEL et al. 2005).

Tab. 2: Einfluss der Mischung und Nutzung auf Kenndaten des N-Entzuges

	ME	NF 3		FMB		GDM	
		Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt
N-Entzug	kg N ha ⁻¹	458	445	526	504	542	558
N symb. Spross	kg N ha ⁻¹	79	98	294	285	337	342
N symb. EWR	kg N ha ⁻¹	41	52	175	170	200	204
N symb. Gesamt	kg N ha ⁻¹	120	150	469	455	537	546

Biomasse-Produktion und Kohlenstoffinput in den Boden

Die gesamte Biomassebildung setzt sich aus den über die Vegetation aufsummierten Sprosserträgen, den zur letzten Ernte zurückbleibenden Ernterückständen (Stoppelmasse) und der Wurzelmasse zusammen (Tab. 1). Bei Berücksichtigung der abgefahrenen Sprossmasse der Schnittvarianten, der C-Gehalte in Spross (45 %) und Wurzel (41 %) lässt sich die dem Boden zugeführte organische Substanz bestimmen. In den Schnittvarianten werden dem Boden 26-36 dt C ha⁻¹, in den Mulchvarianten 100-108 dt C ha⁻¹ zugeführt (Tab. 3).

Tab. 3: Kohlenstoffbindung und -input in den Boden der Klee-gras-mischungen

	Einheit	NF 3		FMB		GDM	
		Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt
Spross	dt C ha ⁻¹	74	73	74	71	76	73
Stoppel	dt C ha ⁻¹	5	5	5	5	5	5
Wurzel	dt C ha ⁻¹	22	21	30	32	25	23
Gesamt-Biomasse	dt C ha ⁻¹	100	100	108	108	105	101
im Bd. verbleibend	dt C ha ⁻¹	100	26	108	36	105	28
Zufuhr Humus	t Humus-C ha ⁻¹	2,3	0,7	2,4	1,0	2,2	0,7

Die zugeführte organische Substanz wird in Abhängigkeit vom C/N-Verhältnis und der stofflichen Beschaffenheit humifiziert, sodass sich in den Schnittvarianten eine Humus-C-Zufuhr von 0,7-1,0 t Humus-C ha⁻¹, in den Mulchvarianten von 2,2-2,4 t Humus-C ha⁻¹ ergibt. Bei der Berechnung der Werte sind lediglich die Wurzeln zur Ernte berücksichtigt. Während der Vegetation bereits umgesetzte Wurzeln sowie Rhizodepositionen wurden nicht in die Berechnungen einbezogen. Diese zur Ernte ermittelte Wurzelmenge macht jedoch nur 30-50 % der insgesamt während der Vegetationsperiode gebildeten Wurzelmenge aus (SAUERBECK & JOHNEN 1976).

Schlussfolgerungen

Die Zusammensetzung von Kleegrasmischungen hat einen großen Einfluss auf die Wurzeleistung. Die Mischungen FMB und GDM zeigen, dass ein großes Potenzial besteht, Kleegrasgemenge hinsichtlich Wurzeleistung, Sprossleistung, Artenvielfalt und Schmackhaftigkeit (Tiergesundheit) zu optimieren.

Literatur

- BÖHM W (1979): Methods of Studying Root systems. Springer-Verlag, Berlin.
- GREGORY PJ, McGOWAN M, BISCOE PV & HUNTER B (1978): Water relations of winter wheat. 1. Growth of the root system. J. agric. Sci., Camb. 91, 91-102.
- HEUWINKEL H (1999): N₂-Fixierung von Körnerleguminosen: Aussagekraft und Weiterentwicklung vorhandener Meßmethoden am Beispiel *Lupinus albus* L.. Dissertation, TU München.
- HEUWINKEL H, GUTSER R & SCHMIDHALTER U (2005): Auswirkung einer Mulchstatt Schnittnutzung von Klee gras auf die N-Flüsse in einer Fruchtfolge. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag am 16.02.2005 in Weihenstephan, Tagungsband. -LfL-Schriftenr. 6, 71-79.
- HÜLSBERGEN K-J (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitation. Verlag Aachen.
- KLAPP E & STÄHLIN A (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Verlag E. Ulmer, Stuttgart
- KUTSCHERA L (1960): Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- LIPPERT F (1953): Vom Nutzen der Kräuter im Landbau, Forschungsring für biolog.-dynam. Wirtschaftsweise, Darmstadt
- NEWMAN E (1966): A method of estimating the total length of root in a sample. J. Appl. Ecol. 3, 133-145.
- SAUERBECK D & JOHNEN B (1976): Der Umsatz von Pflanzenwurzeln im Laufe der Vegetationsperiode und dessen Beitrag zur "Bodenatmung". Pflanzenern. Bodenkd. 139, 315-328.

Zitiervorschlag: Braun M, Schmid H & Grundler T (2009): Vergleich verschiedener Klee-Gras-Mischungen anhand der Wurzel- und Sprossleistung. In: Wiesinger K & Cais K (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2009, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 7, 35-42