

**Effect van grassoort en
N-bemestingsniveau
op productie, beworteling
en N-mineraal in de herfst**

*Veldproef op zandgrond
met Engels Raaigras,
Kropaar en Rietzwenkgras*

*Ir. Joachim Deru
Dr. Ir. Nick van Eekeren
Ir. Jan de Wit
LBI*

*Ir. Herman de Boer
Livestock Research*

Juni 2011



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

© 2011 Louis Bolk Instituut

Effect van grassoort en N-bemestingsniveau op
productie, beworteling en N-mineraal in de herfst -
Veldproef op zandgrond met Engels Raaigras,
Kropaar en Rietzwenkgras

Auteurs: Ir. Joachim Deru, Dr. Ir. Nick van
Eekeren, Ir. Jan de Wit (Louis Bolk Instituut) en
Ir. Herman de Boer (WUR - Livestock Research)

Rapportnummer 2011-017 LbD

www.louisbolk.nl

Voorwoord

Het onderzoek in dit rapport is onderdeel van het project 'Dieper wortelen, beter benutten, minder verliezen' dat uitgevoerd wordt door het Louis Bolk Instituut en Wageningen UR Livestock Research. Dit onderzoek- en innovatieproject is gefinancierd uit de Regeling Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water (projectnummer KRW08069).

De hoofddoelstelling van dit project is het ontwikkelen van praktische maatregelen om de beworteling van grasland te verbeteren. Door een betere benutting van stikstof en fosfaat neemt de uitspoeling af en verbetert de waterkwaliteit. Daarnaast wordt door een betere benutting ook het verschil tussen een landbouwkundig en een milieukundig optimale bemesting kleiner.

In het project 'Dieper wortelen, beter benutten, minder verliezen' is in verschillende fases gewerkt aan het onderwerp beworteling van grasland: literatuurstudie, 'proof of principle', praktische maatregelen en prototyping en communicatie.

Dit rapport valt onder Fase 3 van het project, waarin een aantal praktische maatregelen zijn getest op hun effect op beworteling en nutriëntenhuishouding. Naast de in dit rapport beschreven veldproef over het effect van grassoorten en N-bemesting is onderzoek gedaan naar verschillen in beworteling tussen verschillende rassen Engels raaigras, en naar het effect van uitstel van N-bemesting op de beworteling.

Een speciaal woord van dank voor Laurens Klerx voor het gebruik van zijn perceel voor de proef en voor René Groenen voor zijn praktische bijdrage aan dit experiment: bemesten, oogsten, wortelmonsters nemen. Voor het nauwkeurige spelwerk van de wortelmonsters willen we Riekje Bruinberg (LBI) en Hans Dullaert (LBI) bedanken. Verder heeft Peter van der Putten (WUR) begeleiding gegeven met de wortellengte-metingen.

De auteurs,
juni 2011

Inhoud

Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
2 Materiaal en methode	13
2.1 Proefopzet en -uitvoering	13
2.2 Bodemmetingen	14
2.3 Gewasmetingen	14
2.4 Statistische analyse	16
3 Resultaten	17
3.1 Startsituatie	17
3.2 Bovengrondse groei, opname van N en P en respons op bemesting	17
3.3 Beworteling	20
3.4 Minerale N-voorraad in de herfst	23
4 Discussie	25
4.1 Startsituatie	25
4.2 Bovengrondse groei	25
4.3 Beworteling	26
4.4 Minerale N-voorraad in de herfst	26
5 Conclusies en aanbevelingen	27
Literatuur	29

Samenvatting

Een betere benutting van nutriënten door grasland verkleint de kans op milieuverontreiniging door uit- en afspoeling. Wanneer grasland dieper en intensiever wortelt, en daardoor de nutriënten beter benut, produceert het gras meer met minder, en de verliezen naar het milieu zijn kleiner. Het is daarom van belang om praktische maatregelen te onderzoeken waarmee graslandbeheerders de beworteling van hun grasland kunnen beïnvloeden. In een veldproef op zandgrond is in 2010 het effect onderzocht van de factoren grassoort (Engels raaigras, Kropaar en Rietzwenkgras) en N-bemesting (200 versus 400 kg N / ha / jaar) op de grasproductie, de N- en P-opbrengst, de beworteling (wortelmassa en wortellengte in vier lagen tussen 0 en 32 cm diepte), en de minerale N-voorraad (0-90 cm) in de herfst.

De opbrengstmetingen toonden aan dat Rietzwenkgras en Kropaar meer drogestof produceerden dan Engels raaigras, met name bij het lagere bemestingsniveau. Engels raaigras had een sterkere opbrengstrespons op N-bemesting. De bewortelingsdiepte nam af in de volgorde Rietzwenkgras > Kropaar > Engels raaigras, zonder 'waardeoordelen' over gemiddeld en oppervlakkig. Een hogere N-bemesting had bij Kropaar en Engels raaigras als effect dat de bewortelingslengte bovenin het profiel toenam, bij Rietzwenkgras was onderin juist een toename van de wortellengte zichtbaar. Engels raaigras liet in de herfst meer minerale N in het profiel (0-90 cm) achter dan Rietzwenkgras en Kropaar. De hoeveelheid minerale N in de herfst nam bij Rietzwenkgras af bij grotere diepte, en bij Kropaar en Engels raaigras toe. Een hoge N-bemesting verhoogde de voorraad N-mineraal in de herfst ten opzichte van een lage N-bemesting; daarnaast bleef op grotere diepte relatief meer N-mineraal achter.

De algemene bevinding was dat Rietzwenkgras en Kropaar goed produceerden bij een lage N-bemesting. Op grond van de N-voorraad metingen in de herfst leek Rietzwenkgras bovendien in staat efficiënt om te kunnen gaan met een hogere N-gift. Dit werd ondersteund door de metingen aan de beworteling.

Summary

Increasing the nutrient use efficiency of grassland will reduce pollution from run-off and leaching. Grassland with deeper and denser roots can take up more nutrients and be more productive with less input, while nutrient loss to the environment is minimized. Therefore, it is important to investigate which management practices promote deeper and denser rooting of grassland. In a field experiment on sandy soil during 2010 with the factors grass species (Perennial ryegrass, Cocksfoot and Tall fescue) and N level (200 and 400 kg N/ha/yr), we researched the grass production, N and P yields, rooting (root mass and length in four soil layers between 0 and 32 cm) and mineral N in the soil at the end of the growing season.

Perennial ryegrass yielded less than Cocksfoot and Tall fescue, but had a higher response to N fertilization. Tall fescue had the deepest rooting, Perennial ryegrass the most shallow. An increase in N fertilization had a different effect on the rooting depth of the different grass species: for Perennial ryegrass and Cocksfoot, the root density in the deeper layers decreased in the 400 kg N treatment compared to 200 kg N, and the root density of Cocksfoot increased in the upper layer. Oppositely, Tall fescue decreased the rooting density in the upper 8 cm and an increase was measured in 24-32 cm. The amount of mineral N in the soil profile (0-90 cm) in October was higher under Perennial ryegrass than under the two other grass species. Furthermore, this mineral N increased with depth under Perennial ryegrass and Cocksfoot but decreased under Tall fescue. A high N fertilization (400 kg N) increased the mineral N in October compared with a lower N fertilization (200 kg N). This difference was larger in deeper layers.

Overall, Tall fescue produced very well at a low N-level and in addition, this species seemed to utilize a higher N fertilization efficiently in terms of residual N in October. The rooting pattern is in line with these findings.

1 Inleiding

Stikstof, fosfor en kalium zijn de belangrijkste macronutriënten die gras nodig heeft om te groeien. Dierlijke mest en kunstmest zijn hiervan de belangrijkste leveranciers. In de praktijk blijkt de toediening vaak te ruim of niet op het juiste moment te gebeuren. Hierdoor hoopt de overmaat zich in de bodem op en spoelt uit naar het oppervlakte- en grondwater. N en P hebben op de waterkwaliteit het meest negatieve effect.

Naast een niet-optimale toediening is een andere cruciale factor in hoeverre de plant in staat is de aanwezige bodemnutriënten te benutten voor groei. Beworteling lijkt daarbij een cruciale rol te spelen. Het belang van een diepe en intensieve beworteling voor de opname van nutriënten is uitgebreid onderzocht in een literatuurstudie (Deru et al, 2010).

Nederland telt 1 miljoen ha grasland, ofwel de helft van het totale landbouwareaal (CBS, 2011). Een verlaging van de nutriëntenuitspoeling onder grasland heeft hierdoor snel een grote impact op de waterkwaliteit in Nederland. Een betere benutting van nutriënten door de plant verkleint de kans op uitspoeling. Wanneer grasland dieper en intensiever wortelt, en daardoor nutriënten zoals N en P uit (kunst)mest beter benut, ontstaat een win-winsituatie voor de veehouder en de maatschappij: dezelfde grasproductie met minder bemesting en kleinere verliezen naar het milieu.

Uit eerder onderzoek is gebleken dat verschillende grassoorten verschillen in de diepte en intensiteit van hun beworteling (Garwood en Sinclair, 1979; Van Eekeren et al, 2010; De Boer et al., 2011). Zo is bekend dat Rietzwenkgras relatief diep wortelt en waarschijnlijk daardoor beter groeit onder droge omstandigheden. Veel onderzoeken tonen aan dat N-bemesting een negatief effect heeft op de bewortelingsdiepte en –intensiteit (Ennik, 1981; Fairley, 1985; Robinson et al., 1994). Over het (gecombineerde) effect van grassoort en bemesting op productie, beworteling en bodemstikstofvoorraad op zandgrond is voor zover ons bekend nog niet eerder onderzoek gedaan. Er is daardoor gekozen om in een veldproef deze aspecten te onderzoeken bij drie grassoorten : Engels raaigras, Kropaar en Rietzwenkgras.

Doel van de proef

De in dit rapport beschreven veldproef had als doel het effect van de factoren grassoort (Engels raaigras, Kropaar en Rietzwenkgras) en N-bemesting (200 versus 400 kg N / ha / jaar) te onderzoeken op de grasproductie, de N- en P-opbrengst, de beworteling, en de minerale N-voorraad in de herfst.

2 Materiaal en methode

2.1 Proefopzet en -uitvoering

Voor deze proef werd gebruik gemaakt van een bestaande grassoortenproef op zandgrond in de buurt van de Loonse en Drunense Duinen (Noord-Brabant). Het gebruikte proefveld is in 2007, na continueelt maïs, ingezaaid met Engels raaigras (cv. Bargala), Rietzwenkgras (cv. Barolex) en Kropaar (cv. Ambassador) . Details over bodemchemie en -biologie van de proef in 2007 en 2008 worden beschreven in Van Eekeren et al. (2010).



Afbeelding 2.1: proefveld in juni 2010.

De proef werd in 2010 opgezet als een split-plotproef in 3 herhalingen (blokken) met als hoofdfactor 'grassoort' (Engels raaigras, Kropaar, Rietzwenkgras) en als subfactor 'N-niveau' (200 en 400 kg N/ha/jaar). De N-bemesting was verdeeld over vijf snedes, (Tabel 2.1). Daarnaast werd op ieder veldje een gelijke hoeveelheid K en S in de vorm van kaliumsulfaatgranulaat toegediend. Steeds is een paar dagen na maaien bemest. De fosfaattoestand van het perceel was ruim.

Tabel 2.1: N-bemestingschema per snede voor de behandelingen met 200 en 400 kg N/ha/jaar

Snede	200N kg N/ha	400N kg N/ha
1	80	120
2	60	100
3	40	80
4	20	60
5	0	40
Totaal	200	400

2.2 Bodemmetingen

In maart 2010, voordat de eerste bemesting had plaatsgevonden, zijn bodemmonsters genomen en geanalyseerd op OS, C-totaal, N-totaal (0-10 cm) en N-mineraal (0-10, 0-30, 30-60 en 60-90 cm). Na afloop van de proef, 26 oktober 2010, is opnieuw N-mineraal gemeten in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm.

2.3 Gewasmetingen

De bovengrondse opbrengst en N- en P-opbrengst werden bepaald voor de 5 snedes. De maaidatum waren opeenvolgend op 18 mei, 5 juli, 11 augustus, 10 september, en 7 oktober 2010. De 2^e snede was na een zeer droge en warme junimaand, de 3^e snede na een natte maand.

Op 25 oktober 2010 zijn met een wortelboor in ieder veldje drie wortelmonsters genomen (Afbeelding 2.2).. Dit is gedaan in vier dieptes: 0-8, 8-16, 16-24 en 24-32 cm. De drie submonsters per veld per laag zijn verder als één monster geanalyseerd. Ter plekke zijn diepe kuilen gegraven om de diepte van de zwarte laag (A-horizont) en de maximale bewortelingsdiepte te bepalen.

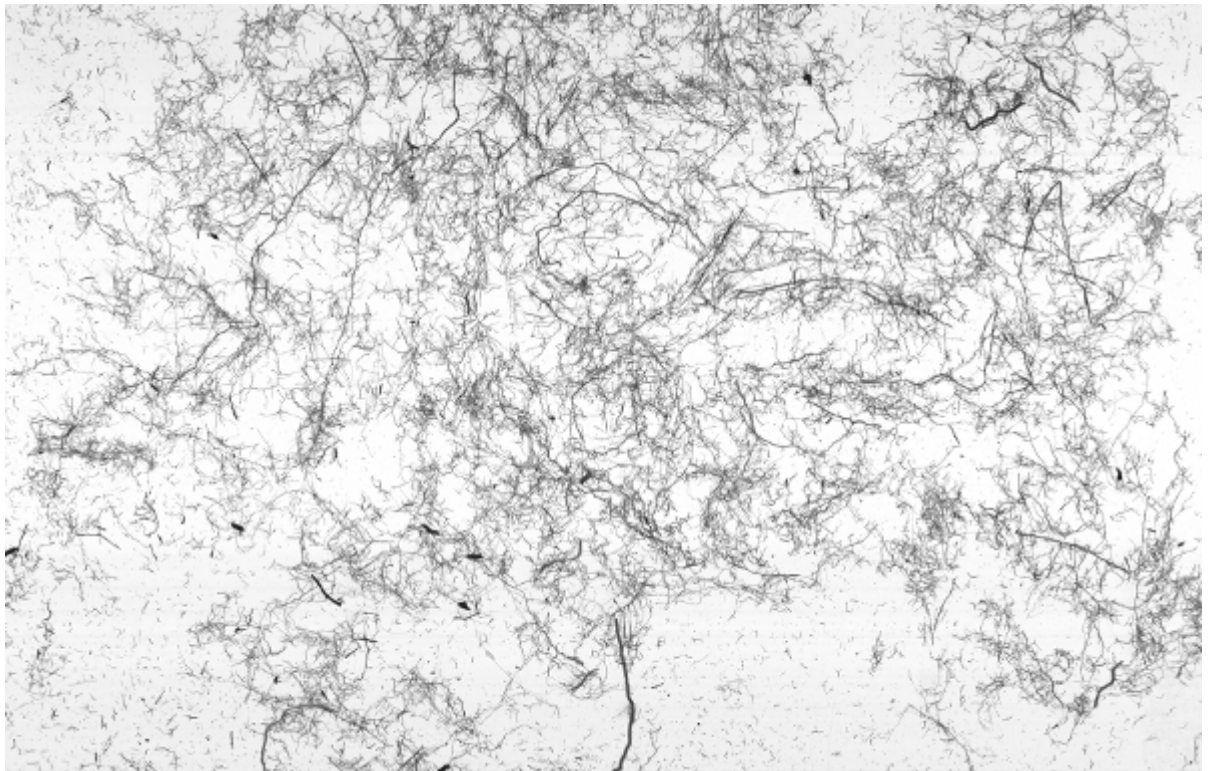


Afbeelding 2.2: wortel- en bodemmetingen in oktober 2010

In tabel 2.2 zijn de verschillende gemeten en berekende bewortelingsparameters weergegeven. De wortelmasse en wortellengte zijn als volgt bepaald: de wortelmonsters zijn grondig met water gespoeld in een zeef (maaswijdte 2 mm) om aanklevende grond te verwijderen. Al het organische materiaal dat geen wortel was werd zorgvuldig verwijderd.

De gespoelde wortels werden in een potje met water in de koeling bewaard voor de wortellengtemetingen. Indien de hoeveelheid wortels te groot was (max. ca. 0,3 gr DS werd een submonster genomen. De resterende verse wortelmasse werd gewogen, gedroogd bij 70 °C, teruggewogen, verder gedroogd bij 105 °C, teruggewogen, daarna verast bij 550 °C, en tenslotte opnieuw teruggewogen.

Van de submonsters werd de wortellengte, verdeeld per diameterklasse, d.m.v. het softwarepakket WinRHIZO (Bouma et al., 2000) bepaald.. Hiervoor werden de wortels van de submonster met ca. 100 ml water in een plexiglasbakje van 510 cm² zorgvuldig uitgespreid en als grijswaarden ingescand met een resolutie van 400 dpi (afbeelding 2.3). Vervolgens werden de scans door met het softwarepakket WinRHIZO geanalyseerd, met een filter voor elementen kleiner dan 0,2 cm² en met een lengte/breedte-verhouding kleiner dan 6. Hiermee werd voorkomen dat alsnog meegekomen zandkorrels meegemeten zouden worden. De submonsters werden daarna evenals de hoofdmonsters gedroogd en gewogen bij 70 °C en 105 °C en verast bij 550 °C. Gewichten van hoofdmonsters en submonsters werden bij elkaar opgeteld.



Afbeelding 2.3: Voorbeeldscan van het meten van de wortellengte. De gebruikte resolutie is voldoende voor een nauwkeurige gecomputeriseerde analyse

Tabel 2.2: Gemeten en berekende bewortelingsparameters

Parameter	Eenheid
Wortelmasa	gram per monster
Wortellengte	cm per monster
Wortellengtedichtheid (WLD)	cm wortel per cm ³
Gemiddelde worteldiameter	mm
Worteloppervlak	cm ² per monster
Specifieke wortellengte	cm per gram droge wortels
Wortelmassaverdeling door het profiel	% wortelmasa in de bovenste meetlaag
Aandeel dunne wortels	% wortellengte van de wortels met $\varnothing < 0,1$ mm

2.4 Statistische analyse

De gegevens zijn geanalyseerd met de ANOVA directive in statistisch pakket Genstat 13.2. Bij de variabelen zonder significante interactie tussen soort en bemesting is de ANOVA opnieuw gemaakt met alleen de hoofdeffecten. In beide gevallen is voor de verwerking de split-plot structuur gebruikt. Effecten zijn in dit rapport als significant aangeduid bij $P < 0,05$.

3 Resultaten

3.1 Startsituatie

Vóór de start van de proef, vier groeiseizoenen na het inzaaien van de drie grassoorten, waren in de bodemlaag 0-10 cm voor de bodemparameters N-totaal, C-totaal, organische stof en C-percentage, geen significante verschillen meetbaar tussen de drie grassoorten. Wel was de C/N ratio onder Kroppaar significant hoger dan onder Engels raaigras en Rietzwenkgras. N-mineraal was in maart bij Engels raaigras gemiddeld hoger dan bij de andere twee grassoorten, maar niet significant.

Tabel 3.1: Chemische bodemanalyses (0-10 cm, maart 2010). Waarden bij C/N ratio met verschillende letters zijn significant verschillend ($P < 0,05$).

Soort	N-totaal mg/kg	C-totaal g C / 100g	C/N ratio	OS %	C-percentage %
Engels raai	1797	2,5	14,0 a	4,6	0,55
Kroppaar	1427	2,5	17,8 b	4,2	0,61
Rietzwenk	1627	2,3	14,4 a	3,9	0,60
Gemiddelde	1617	2,5	15,4	4,2	0,59
P-waarde	0,131	0,281	0,008	0,064	0,431

Tabel 3.2: Verdeling minerale N in de verschillende bodemlagen (kg N/ha, maart 2010), vóór de start van de proef, drie jaar na het inzaaien van de grassoorten.

Soort	0-10 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Engels raai	17,3	13,0	4,3	3,0	20,3
Kroppaar	8,7	7,0	3,3	4,3	14,7
Rietzwenk	16,0	9,3	3,0	3,0	15,3
Gemiddelde	14,0	9,8	3,6	3,4	16,8
P-waarde	0,566	0,756	0,555	0,444	0,809

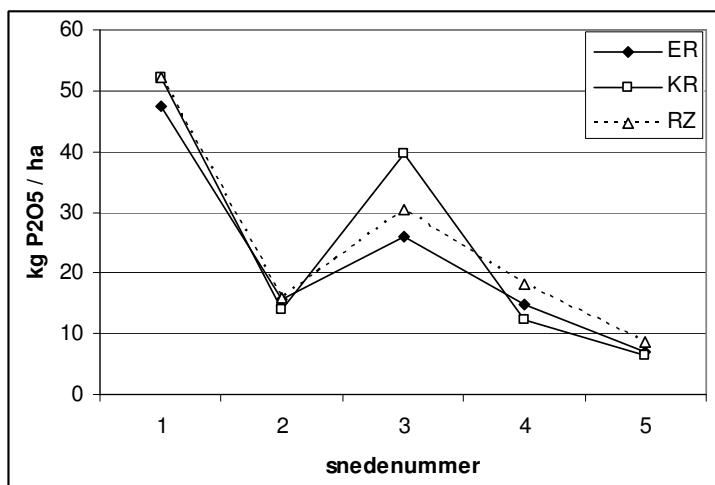
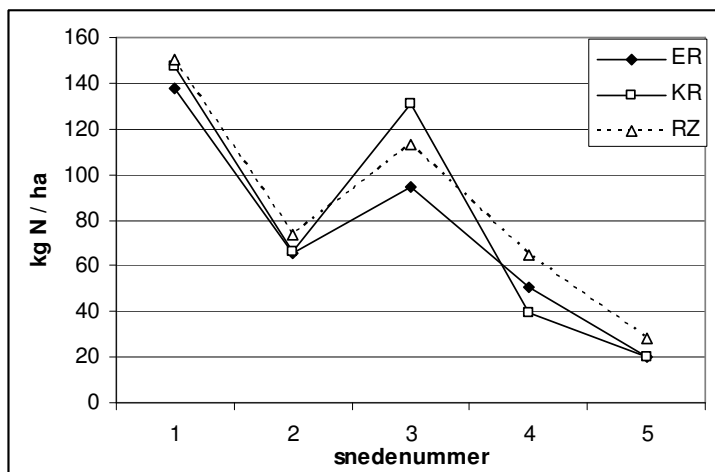
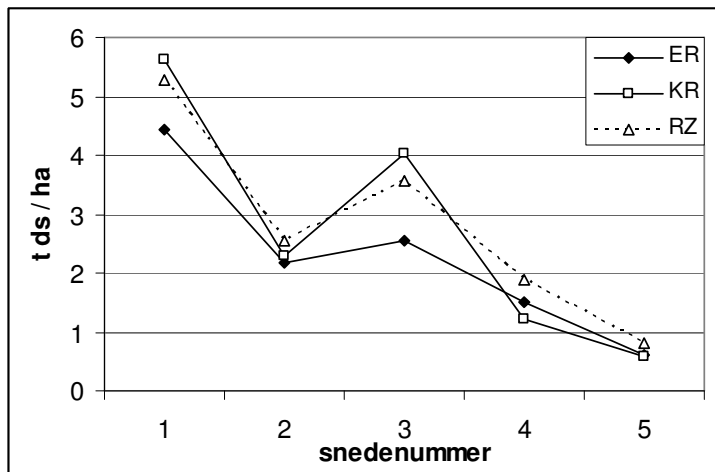
3.2 Bovengrondse groei, opname van N en P, en respons op bemesting

Bovengrondse productie en N- en P₂O₅-opbrengst door het seizoen

In onderstaande grafieken is de grasproductie en mineralenopbrengst door het seizoen weergegeven. Hierin is in de 2^e snede de droogte in de zomer van 2010 duidelijk te zien door de dip in productie, met een gelijke drogestofproductie bij de drie soorten (Figuur 3.1). Engels raaigras produceert significant minder dan de andere soorten in de 1^e ($P=0,001$) en 3^e ($P=0,012$) snede. In de

4^e snede verschillen de drie soorten significant (P=0,002) waarbij Rietzwenkgras de hoogste is. < hoe verschillen ze dan, behalve dat rietzwenkgras de hoogste opbrengst heeft?

De N- en P₂O₅-opbrengst volgt in grote lijnen het patroon van de drogestofproductie. Wel is in de 1^e snede bij Engels raai gras, ondanks de significant lagere productie, er geen verschil in totale N- of P₂O₅-opbrengst.



Figuur 3.1: Drogestof opbrengst, N- en P-opbrengst van Engels raai gras, Kropaar en Rietzwenkgras over de 5 snedes in 2010, gemiddeld over de bemestingstrappen.

Effect van grassoort

Gezien over het gehele seizoen, en gemiddeld over de bemestingstrap, zijn bij Engels raaigras de drogestofproductie en N- en P-opbrengsten lager dan bij de andere twee soorten, maar dit is alleen significant voor de drogestofopbrengst (Tabel 3.3).

Tabel 3.3: Jaarproductie (t ds/ha) en mineralenopbrengst (kg/ha) van Engels raaigras, Kroppaar en Rietzwenkgras over 5 snedes in 2010. Gemiddeldes van 200N en 400N. Getallen met verschillende letters zijn significant verschillend ($P < 0,05$).

	t ds/ha	kg N/t ds	kg N/ha	kg P/t ds	kg P₂O₅/ha
ER	11,3 a	32,5	368,9	4,29	111,0
KR	13,7 b	29,4	404,3	3,98	124,3
RZ	14,1 b	30,5	429,6	3,90	125,4
Gemiddelde	13,0	30,8	400,9	4,06	120,3
P-waarde	0,002	0,150	0,148	0,083	0,143

Effect van bemesting

Gemiddeld over de drie grassoorten waren de drogestof-, N- en P₂O₅-opbrengsten significant hoger bij 400 N dan bij 200 N (Tabel 3.4). Engels raaigras reageert het sterkst op bemesting, ook wat betreft P₂O₅-opbrengst. De verschillen in N-opbrengst zijn niet significant, maar de trend is dat Engels raaigras ook hier het sterkst reageert, gevolgd door Rietzwenk (middelmatig) en tenslotte Kroppaar. Bij Engels raaigras was de verhouding tussen drogestof meeropbrengst en extra N bemesting 9,5 kg ds/kg N in het traject tussen 200 en 400 kg N/ha. Dit lag bij Kroppaar en Rietzwenkgras duidelijk lager (5 respectievelijk 2,5 kg ds/kg N).

Tabel 3.4: Jaarproductie en mineralenopbrengst van Engels raaigras, Kropaar en Rietzwenkgras over de 5 snedes in 2010. Waarden tussen haakjes zijn de waardes van 400N uitgedrukt in % van 200N (getallen met verschillende letters zijn significant verschillend. De onderste P-waarde is de mate van significantie van het gemiddelde van 200N versus dat van 400N.

	ds- productie		N-opbrengst		P ₂ O ₅ -opbrengst	
	200N	400N	200N	400N	200N	400N
	t ds/ha		kg N/ha		kg P ₂ O ₅ /ha	
Engels raai	10,3	12,2 (118 b)	319	419 (131)	100,8	121,2 (120 b)
Kropaar	13,2	14,2 (107 a)	383	426 (111)	120,7	128,0 (107 a)
Rietzwenk	13,8	14,3 (104 a)	391	468 (120)	121,1	129,8 (107 a)
Gemiddelde	12,4	13,6 (109)	364	438 (120)	114,2	126,3 (111)
P-waarde	(0,002)		(0,085)		(0,005)	
P-waarde N-niveau	0,002		<0,001		0,006	

3.3 Beworteling

Effect van grassoort

De totale wortelmasa in bodemlaag 0-32 cm verschilde niet significant tussen de drie grassoorten.. Verschillen treden wel op in verschillende bodemlagen onderin het profiel, daar waar minder wortels voorkomen: Rietzwenk heeft meer wortels in de lagen 16-24 cm en 24-32 cm dan de andere twee grassoorten (Figuur 3.2) . Engels raaigras, en in mindere mate Kropaar, concentreren meer van hun wortelmasa en wortellengte in de bovenste 8 cm dan Rietzwenk. Dit blijkt ook uit het significant lagere aandeel wortelmasa in de laag 0-8 cm bij Rietzwenk (65%) vergeleken met Engels raaigras (83%) en Kropaar (76%) (P=0,01).

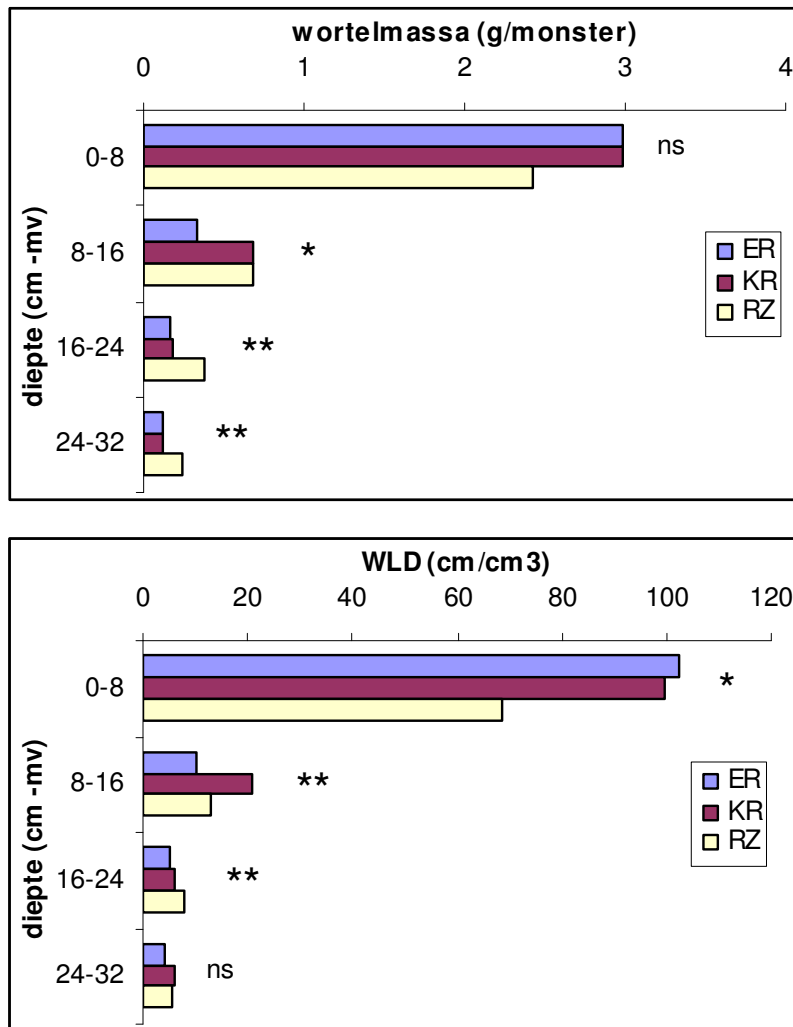
Het soorteffect op de wortellengtedichtheid in 0-32 cm is zwak (P=0,064), waarbij Rietzwenk de laagste wortellengtedichtheid heeft. In de lagen 8-16 en 16-24 cm treden de sterkste verschillen op, met Kropaar als hoogste in 8-16 cm en Rietzwenkgras als hoogste in 16-24 cm. Beide soorten hebben een significant lager aandeel wortellengte in de laag 0-8 cm dan Engels raaigras (P=0,038).

Op grond van bovenstaande resultaten is de indeling in bewortelingsdiepte:
Rietzwenkgras>Kropaar>Engels raaigras.



Afbeelding 3.1: boorgat voor de meting van de beworteling.

Analyse van de gemiddelde worteldiameter en het aandeel dunne wortels geeft een significant verschil tussen de drie soorten: Kropaar heeft de dunste wortels (0,25 mm), Rietzwenkgras de dikste wortels (0,32 mm) en Engels raaigras neemt een middenpositie in (0,29 mm).



Figuur 3.2: Wortelmasse en wortellengtedichtheid (WLD) van Engels raaigras, Kropaar en Rietzwenkgras per bodemdiepte, gemiddeld over de bemestingstrappen. Sterretjes geven de mate van significantie aan van het raseffect per dieptelaag (*: $0,05 < P < 0,10$; **: $0,001 < P < 0,05$; ns: niet significant).

Effect van bemesting

Gemiddeld over de grassoorten was een trend te zien waarbij wortelmasse en wortellengte bij 400 kg N licht afnemen ten opzichte van 200 kg N, en deze afname was groter in de diepere lagen (Tabel 3.5). Statistisch was het effect echter alleen significant bij de wortellengte in de laag 16-24 cm ($P=0,040$).

Afzonderlijk bekeken lijken de drie soorten verschillend te reageren op bemesting: bij Kroppaar neemt bij 400N de hoeveelheid wortels toe in de bovenste 8 cm, terwijl de hoeveelheid bij Engels raaigras gelijk blijft en bij Rietzwenk sterk afneemt. Onderin het profiel neemt de beworteling bij zowel Kroppaar en Engels raaigras af bij een hogere bemesting, terwijl bij Rietzwenkgras de wortellengtedichtheid naar onderen toe steeds minder afneemt

Tabel 3.5: Effect van grassoorten en N-bemestingsniveau op de wortellengtedichtheid in de laag 0-32 cm. Waarden tussen haakjes zijn de waarden van 400N uitgedrukt in % van 200N (getallen met verschillende letters zijn significant verschillend. De onderste P-waarde is de mate van significantie van het verschil tussen het gemiddelde van 200N versus dat van 400N.

	0-8 cm		8-16 cm		16-24 cm		24-32 cm	
	200N	400N	200N	400N	200N	400N	200N	400N
Engels raai	103	102 (99 ab)	10,2	10,3 (101)	6,1	4,5 (74)	4,6	3,4 (75)
Kroppaar	87	112 (128 b)	21,6	20,3 (94)	6,8	5,3 (77)	7,3	5,1 (69)
Rietzwenk	80	58 (72 a)	14,6	11,3 (77)	8,6	7,5 (88)	5,4	6,1 (112)
Gemiddelde	90	90 (101)	15,5	14,0 (90)	7,2	5,8 (80)	5,8	4,9 (84)
P-waarde	(0,043)		(0,936)		(0,347)		(0,430)	
P-waarde N-niveau	0,956		0,689		0,040		0,274	

Daarnaast is een significante interactie gevonden tussen soort en bemestingsniveau voor het aandeel wortellengte in de onderste laag (24-32 cm, P=0,012). Hierbij zijn tussen de bemestingstrappen geen significante verschillen binnen de drie soorten afzonderlijk gemeten, maar tussen de bemestingstrappen per grassoort zijn wel significante verschillen. Zo is bij een laag N-niveau (200N) het aandeel wortellengte van Engels raaigras lager dan dat van Kroppaar, Rietzwenk zit daar tussen in en is van beide niet significant verschillend (Tabel 3.6). Bij een hoog N niveau (400N) is dit aandeel gelijk tussen Engels raaigras en Kroppaar, en beide zijn lager dan Rietzwenkgras.

Tabel 3.6: Effect van grassoorten en N-bemestingsniveau op het aandeel wortellengte in de laag 24-32 (% van 0-32cm). Getallen met verschillende letters zijn significant verschillend.

	200N	400N	Gemiddelde
Engels raai	3,7 a	2,9 a	3,3
Kroppaar	6,0 bc	3,7 ab	4,8
Rietzwenk	5,1 abc	7,3 c	6,2
Gemiddelde	4,9	4,6	4,7

3.4 Minerale N-voorraad in de herfst

Effect van grassoort

In de laag 0-10 cm zijn verschillen in N-mineraal gering maar toch significant: Rietzwenkgras heeft een hoger gehalte dan de twee andere soorten. In de laag 0-30 cm zijn de verschillen niet significant. Onder de 30 cm is het algemene beeld dat bij Engels raaigras de bodem meer minerale stikstof bevat dan Kroppaar en Rietzwenkgras, dit geldt ook voor het gehele profiel tot 90 cm diepte (Tabel 3.7).

Tabel 3.7: Effect van grassoorten op de minerale N in de bodem (kg N / ha) na afloop van de proef (okt 2010). Gemiddeldes van 200N en 400N. Getallen met verschillende letters zijn significant verschillend ($P < 0,05$).

	0-10 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Engels raai	5,2 a	9,7	11,5 b	11,5	32,7 b
Kroppaar	4,5 a	7,2	4,3 a	7,7	19,2 a
Rietzwenk	6,5 b	7,7	4,7 a	4,3	16,7 a
Gemiddelde	5,4	8,2	6,8	7,8	22,8
P-waarde	0,008	0,142	0,008	0,061	0,003

Effect van bemesting

Gemiddeld over de drie grassoorten geeft bemesting met 400 kg N ten opzichte van 200 kg N in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm significant meer minerale N in de bodem in oktober 2010, waarbij het verschil met de diepte toe lijkt te nemen (Tabel 3.8). Bovenin (0-10 cm) is het bemestingseffect niet significant. De totale hoeveelheid minerale N in oktober in de laag 0-90 cm is significant hoger bij 400N dan bij 200N ($P < 0,001$).

Afzonderlijk tonen de drie grassoorten grofweg hetzelfde beeld als het gemiddelde: een groter wordend verschil bij een toenemende diepte. Wel is bij Rietzwenkgras, in vergelijking met de andere soorten, het verschil bovenin het profiel groter en onderin kleiner (Tabel 3.8).

Tabel 3.8: Effect van grassoorten en N bemestingsniveau op de minerale N in de bodem (kg N/ha) na afloop van de proef (okt 2010). Waarden tussen haakjes zijn de waarden van 400N uitgedrukt in % van 200N (getallen met verschillende letters zijn significant verschillend). De onderste P-waarde is de mate van significantie van het gemiddelde van 200N versus dat van 400N.

	0-10 cm		0-30 cm		30-60 cm		60-90 cm	
	200N	400N	200N	400N	200N	400N	200N	400N
Engels								
raaigras	5,3	5,0 (94)	8,3	11,0 (132)	9,7	13,3 (138 a)	7,0	16,0 (229)
Kroppaar	4,7	4,3 (93)	5,3	9,0 (169)	3,7	5,0 (136 a)	4,0	11,3 (283)
Rietzwenk	6,0	7,0 (117)	6,7	8,7 (130)	3,0	6,3 (211 b)	3,0	5,7 (189)
Gemiddelde	5,3	5,4 (102)	6,8	9,6 (141)	5,4	8,2 (151)	4,7	11,0 (236)
P-waarde	(0,387)		(0,701)		(0,045)		(0,235)	
P-waarde	0,799		0,027		0,022		0,003	
N-niveau	0,799		0,027		0,022		0,003	

4 Discussie

4.1 Startsituatie

Aan het begin van de proef (maart 2010) was van de gemeten bodemparameters alleen de C/N ratio significant hoger bij Kropaar ten opzichte van Rietzwenkgras en Engels raaigras. De C/N ratio was in dezelfde proef in september 2008 volgens Van Eekeren et al. (2010) nog niet verschillend.

De N-mineraal was in de startsituatie gelijk voor alle grassoorten. Er kan daarom aangenomen worden dat de gemeten N-bemestingseffecten volledig het gevolg zijn van de behandeling in 2010, evenals de verschillen in N-mineraal in de herfst



Afbeelding 4.1: profielkuil tot aan de gele laag. De zwarte laag was tussen de 40 en 60 cm dik.

4.2 Bovengrondse groei

Het jaar 2010 was gekenmerkt door een koude winter, en daarna afwisselend warm/droog en koud/nat (april warm, mei koud, juni tot half juli zeer warm, augustus nat). Dit is duidelijk terug te vinden in de productieve 1^e en 3^e snedes en laagproductieve 2^e snede. Opvallend is dat Rietzwenkgras en Kropaar in de 2^e snede (na de zeer droge junimaand) niet beter presteerde dan Engels raaigras, terwijl algemeen wordt aangenomen dat deze soorten goed tegen droogte kunnen. Dit is mogelijk het gevolg van een interactie met de grotere hergroeivertraging die de zware eerste snede bij deze soorten heeft gegeven. Kropaar en Rietzwenk produceerden in de 3^e snede (natte

maand) het beste, maar later in de herfst blijkt Rietzwenk de productie beter te kunnen handhaven dan Krobaar en Engels raaigras.

Over het seizoen bekeken produceerde Engels raaigras minder opbrengst dan Krobaar en Rietzwenkgras, maar had wel een grotere respons op N bemesting, zowel wat betreft de drogestofproductie als de fosfaatopbrengst. Krobaar en Rietzwenkgras lijken meer stikstof en fosfaat te hebben opgenomen dan Engels raaigras, maar dit was niet significant. Wat betreft de productie als de N-opname komen deze resultaten overeen met eerdere metingen aan deze proef door Van Eekeren et al (2010).

4.3 Beworteling

Rietzwenkgras heeft dikkere, taaie wortels dan Engels raaigras en Krobaar met de kleinste worteldiameter. In de proef heeft Rietzwenkgras relatief minder beworteling bovenin, en meer onderin het profiel ten opzichte van de twee andere grassoorten. Interessant is dat de metingen in 2008 door Van Eekeren et al. (2010) hetzelfde beeld lieten zien, behalve dat Rietzwenkgras in de laag 0-10 cm op dat moment duidelijk meer wortelmassa had dan Krobaar. Mogelijk is tijdens de twee volgende seizoenen een verschuiving opgetreden. Garwood en Sinclair (1979) toonden aan dat Rietzwenkgras een diepere beworteling heeft (hogere wortellengtedichtheid onderin het profiel) dan andere grassen zoals Engels raaigras, Krobaar en Timotheegrass.

N-bemesting beïnvloedt de beworteling (Fairley, 1985; Ennik, 1981; Robinson et al., 1994). In onze proef was deze trend duidelijk zichtbaar (Tabel 3.5). Merkwaardig was wel het tegenovergestelde gedrag van de drie soorten. Hoewel dit alleen in de bovenste laag significant is zien we bij Krobaar een verhoging van de bewortelingsdichtheid bovenin bij 400N ten opzichte van 200N, en een verlaging onderin. Engels raaigras toont alleen een verlaging onderin en Rietzwenkgras toont juist een verhoging van de wortellengtedichtheid onderin het profiel, terwijl het bovenin lager is bij een hoger bemestingsniveau.

4.4 Minerale N-voorraad in de herfst

Opvallend is dat Engels raaigras meer minerale N achterlaat in het profiel dan de andere twee grassoorten, de voorraad is met 33 kg N/ha bij Engels raaigras en 17-19 kg N/ha voor Rietzwenk en Krobaar. Waarschijnlijk is dit het gevolg van een relatief lagere productie. Bij Rietzwenkgras neemt het gehalte minerale N af met de diepte, terwijl bij Krobaar en Engels raaigras er juist sprake is van een toename. Van Eekeren et al. (2010) maten in de laag 0-30 cm een significant hoger gehalte minerale N bij Krobaar dan bij Engels raaigras of Rietzwenkgras. In deze proef is het verschil niet aanwezig.

De veldjes met een hoge N-bemesting hadden een hogere voorraad minerale N in het najaar dan de veldjes met een lage bemesting. Dit verschil nam toe met profieldiepte, bij Rietzwenkgras minder dan bij krobaar en Engels raaigras. Hieruit kan geconstateerd worden dat Rietzwenkgras in staat is efficiënt nitraat aan de bodem te onttrekken, ook onderin het profiel en ook bij een hoge N-bemesting. Krobaar en Engels raaigras doen dit minder goed.

5 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies:

- Rietzwenkgras en Kroppaar produceerden meer drogestof dan Engels raaigras, vooral bij een lager N niveau.
- Engels raaigras had een sterkere respons in opbrengst op N-bemesting
- De bewortelingsdiepte van de grassoorten nam af in de volgorde rietzwenkgras > kroppaar > Engels raaigras.
- Rietzwenkgras had de dikste wortels.
- Een hogere N-bemesting had bij Kroppaar en Engels raaigras als effect dat de beworteling zich meer bovenin concentreerde, bij Rietzwenkgras was onderin juist een toename zichtbaar.
- Engels raaigras liet in de herfst meer minerale N in het bodemprofiel (0-90 cm) achter dan Rietzwenkgras en Kroppaar
- De hoeveelheid minerale N in de herfst nam met de diepte bij Rietzwenkgras af, bij Kroppaar en Engels raaigras toe.
- Een hoge N bemesting verhoogde de voorraad N-mineraal in de herfst ten opzichte van een lage N bemesting. Naar beneden toe werd deze verhoging steeds groter.
- Bij Rietzwenkgras was bovenstaand verschil in minerale N-voorraad duidelijk lager dan bij Kroppaar en Engels raaigras. Met andere woorden, Rietzwenkgras is in staat efficiënt nitraat aan de bodem te onttrekken, ook onderin het profiel en ook bij een hoge N-bemesting. Kroppaar en Engels raaigras doen dit minder goed.
- Algemene bevinding: Kroppaar en Rietzwenkgras produceerden goed bij een lage N bemesting. Op grond van de bewortelingsanalyses lijkt Rietzwenkgras dit vooral te doen door een diepere beworteling, wat niet het geval is bij Kroppaar. Rietzwenkgras lijkt bovendien beter in staat te zijn om efficiënt met een hogere N-gift om te gaan, hetgeen ondersteund wordt door zowel de bodem-N metingen als de bewortelingsanalyses. Hiermee lijkt er dus via soortkeuze ruimte te zijn om de beworteling te sturen en daarmee een hogere benutting en een lagere uitspoeling te realiseren.

Aanbeveling voor de praktijk:

- Qua productie scoort Rietzwenkgras duidelijk goed, zowel bij een lage als bij een hoge N gift. Bijkomend voordeel is dat bij Rietzwenkgras de kans op N uitspoeling kleiner lijkt te zijn.
- Discussiepunt bij Rietzwenkgras als ruwvoer is de smakelijkheid en voederwaarde. Nieuwe rassen zoals Callina zijn veredeld met het doel deze eigenschappen te verbeteren. Met name voor een brede toepassing (dus ook in percelen die beweid worden) is een verbetering cruciaal.

Vervolg vraag voor onderzoek

- Hebben de nieuwe Rietzwenkgrasrassen met een betere smakelijkheid en voederwaarde ook dezelfde eigenschappen qua productie, beworteling en restvoorraad N?

Literatuur

Boer, H.C. de, N.J.M. van Eekeren, J.G.C. Deru (2010) **Effecten van een diepere en dichtere beworteling van gras op de N- en P- opname**. Rapport 413. Wageningen UR Livestock Research.

CBS (2011) <http://statline.cbs.nl/> geraadpleegd: 10 juni 2011.

Deru J.G.C., N.J.M. van Eekeren, H.C. de Boer (2010) **Beworteling van grasland - een literatuurstudie: Nutriëntenopname in relatie tot bewortelingsdiepte en -intensiteit; factoren en potentiële maatregelen die de beworteling beïnvloeden**. Rapport 2010-018LBV. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Deru J.G.C., N.J.M. van Eekeren, J. Visscher, H. Schilder (2011) **Grote variëteit in Engelse raaigrassen. V-focus**. 28-02, p. 22-23.

Bouma T.J., Nielsen K.L. Koutstaal B. (2000) **Sample preparation and scanning protocol for computerised analysis of root length and diameter**. Plant and Soil 218:185-196.

Eekeren N. van, Bos M., De Wit J., Keidel H., Bloem J. (2010) **Effect of different grass species mixtures on soil quality in relation to root biomass and grass yield**. Applied Soil Ecology 45: 275-283.

Ennik G.C., M. Gillet & L. Sibma (1980) **Effect of high nitrogen supply on sward deterioration and root mass. The role of nitrogen in intensive grassland production**. Prins W.H. & G.H. Arnol (ed.). Pudoc, Wageningen. pp 67-76.

Ennik G.C. (1981) **Grasgroei en beworteling**. CABO-verslag nr. 38, Centrum voor Agro Biologisch Onderzoek, Wageningen.

Ennik G.C., Hofman T.B. (1983) **Variation in the root mass of ryegrass types and its ecological consequences**. Netherlands Journal of Agricultural Science 31: 325-334.

Fairley R.I. (1985) **Grass root production in restored soil following opencast mining**. In: Fitter A.H., Atkinson D., Read D.J., Usher M.B. (1985) Ecological Interactions in Soil. British Ecological Society, special publication 4: 81-85.

Garwood E.A., Sinclair J. (1979) **Water-use and root distribution of grass species**. Journal of the Science of Food and Agriculture 29:834-834.

Genstat 13.2 (2010) VSN International, Hemel Hempstead, UK.

Houba V.J.G., J.J.G. van der Lee, I. Novozamsky (1997) **Soil and plant analysis. Part 3: Plant analysis procedures**, Department of Soil Quality, Wageningen University, Wageningen.

Robinson D., Linehan D., Gordon D.C. (1994) **Capture of nitrate from soil by wheat in relation to root length, nitrogen inflow and availability**. New Phytol.: 128, 297-305.

Sheldrick R.D., Lavender R.H., Martyn T.M. (1994) **Effects of delay in reapplication of nitrogen fertiliser following cutting silage from a ryegrass sward**. Grass and Forage Science 49: 369-371.