

9 RUIMTELIJKE EN TEMPORELE VARIATIE VAN BEWORTELINGSKENMERKEN EN DE EFFECTIVITEIT VAN VANGGEWASSEN

Ruysschaert G.¹, Coorevits L.², Vandecasteele B.¹, De Vliegheer A.¹, Deckers J.²

¹ *Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), Merelbeke*

² *Departement Aard- en Omgevingswetenschappen, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven*

9.1 INLEIDING

Vanggewassen, ook wel groenbedekkers genoemd, zijn effectief in het verhinderen van uitloging van nitraat-stikstof naar oppervlakte- en grondwater gedurende de herfst en de winter. Nitraatuitloging kan worden verminderd met 100 kg N/ha en meer afhankelijk van de zaaidatum, weersomstandigheden en het type vanggewassen (Relaes, 2000; Ver Elst, 2007). Vanggewassen verminderen niet alleen de nitraatconcentraties in de bovenste bodemlagen, ze pompen ook stikstof, die is uitgelooft naar diepere lagen, terug naar boven (Thorup-Kristensen et al., 2003). Na vertering kan de stikstof (N), die was opgenomen door de vanggewassen, opnieuw gebruikt worden door het volggewas zodat het niet verloren gaat. Hoe dieper het wortelstelsel van de vanggewassen, hoe effectiever vanggewassen zijn om nitraatuitloging dieper in het profiel tegen te gaan. Dit werd aangetoond door Kristensen en Thorup-Kristensen (2004) die een significante afname van de nitraatconcentratie in de 1-2.5 m bodemlaag (21 tot 33 kg N/ha) vonden voor bladrammenas die tot 2.4 m diep wortelde in vergelijking met Italiaans raaigras dat 0.6 m diep en winterrogge die 1.1 m diep wortelde. Verdichte bodemlagen bieden grote mechanische weerstand tegen wortelgroei, verminderen bodemverluchting en veranderen bodemvochtgehalten. Dit leidt meestal tot verlaagde stikstofopname door gewassen (Lipiec and Stepniewski, 1995). Een bodemweerstand van 3 MPa wordt vaak aanzien als de kritische drempelwaarde voor wortelgroei, hoewel deze drempelwaarde gewasafhankelijk is (Glinski and Lipiec, 1990).

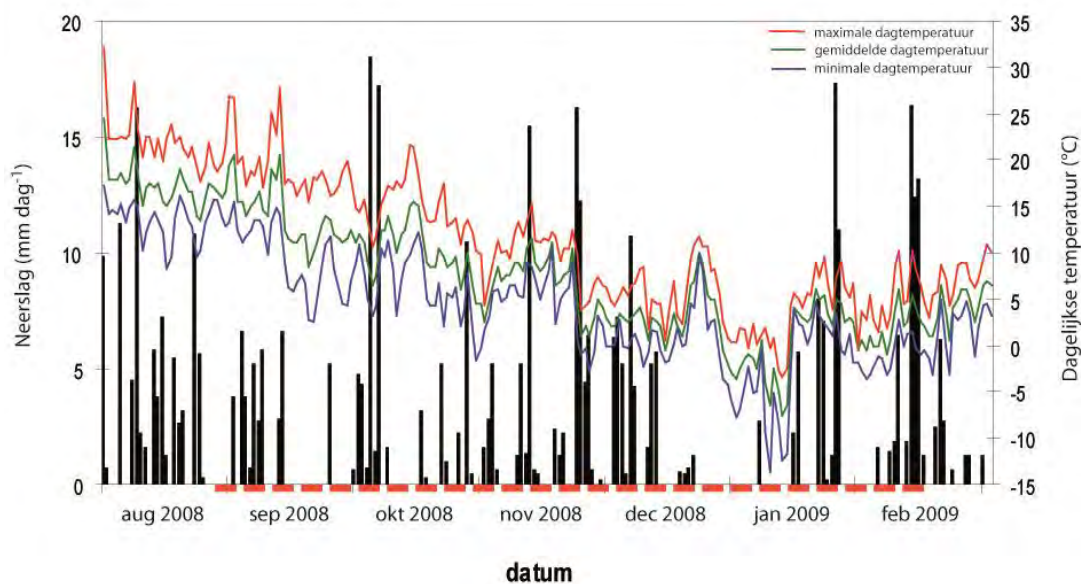
In Vlaanderen moeten stalen voor nitraatstikstof worden genomen in de bovenste 90 cm van de bodem tussen 1 oktober en 15 november voor de Nitraatrichtlijn (Mestactieplan). De resultaten zijn een indicatie voor de stikstofverliezen gedurende de winter. De nitraatstikstof mag niet hoger zijn dan 90 kg N/ha in niet-focusgebieden en niet-zandige bodems. Vanggewassen kunnen het nitraatstikstofniveau verlagen, maar het is de vraag of ze dit ook nog verder kunnen doen gedurende de staalnameperiode. Indien dit het geval is zouden staalnames genomen op het einde van deze periode gunstiger zijn voor landbouwers die vanggewassen zaaien.

De doelstellingen van het onderzoek waren om te onderzoeken 1) hoe effectief verschillende vanggewassen zijn in de tijd, 2) hoe diep vanggewassen stikstof kunnen opnemen met hun wortelstelsel en 3) of er een effect is van bodemcondities op de groei en effectiviteit van vanggewassen. De twee onderzochte vanggewassen waren Italiaans raaigras (*Lolium multiflorum* Lam.) en gele mosterd (*Sinapis alba* L.). Het was onze hypothese dat gele mosterd, met zijn penwortel, meer efficiënt zou zijn in het extraheren van stikstof uit diepere bodemlagen dan Italiaans raaigras en dat worteldiepte en stikstofopname lager zouden zijn als bodemcondities minder gunstig zijn zoals in verdichte bodems. Dit hoofdstuk vat de masterthesis van Lorens Coorevits (2009) samen.

9.2 MATERIAAL EN METHODEN

9.2.1 Proefveldlocatie en -opzet

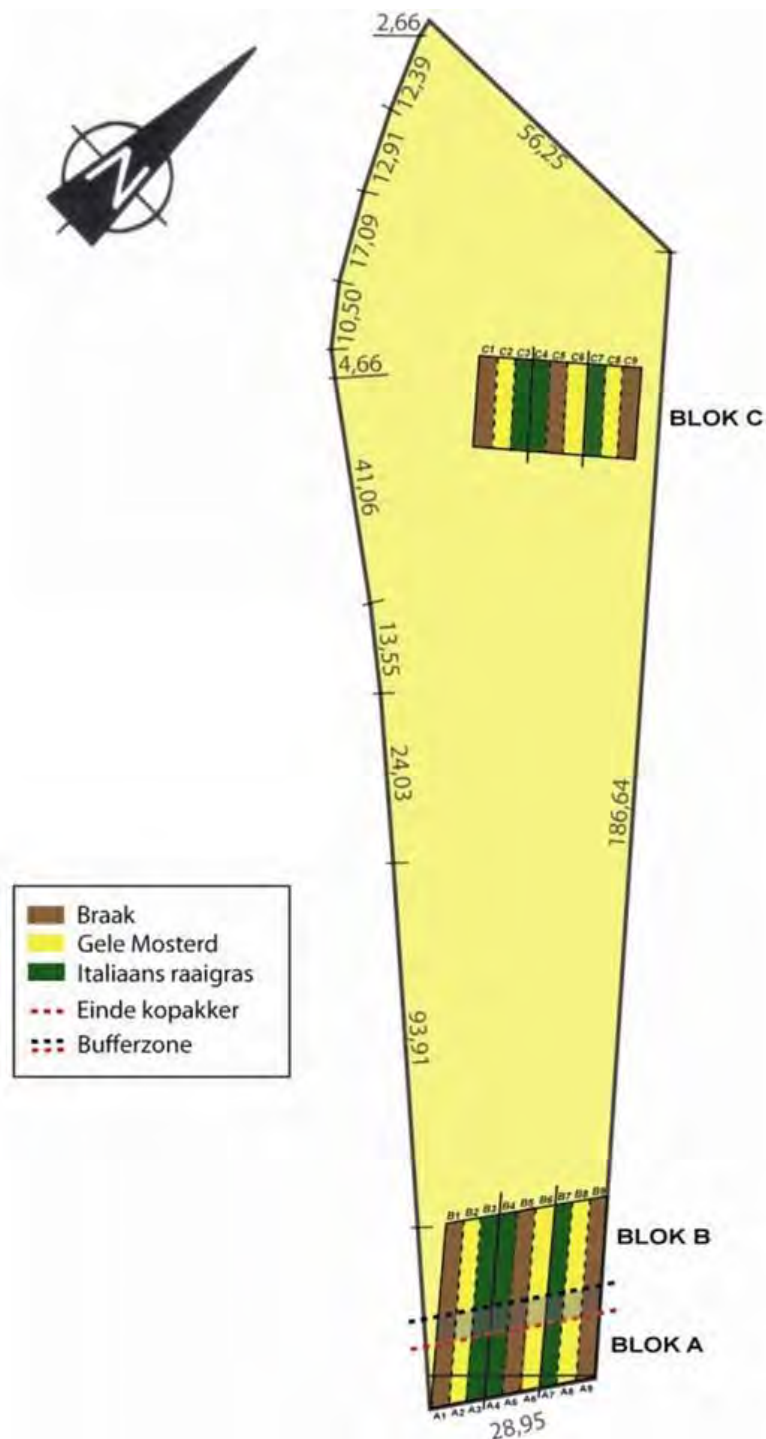
Deze studie werd uitgevoerd op een akkerbouwperceel van ILVO in Merelbeke waar in de zomer van 2008 wintertarwe was geoogst. De weersomstandigheden gedurende de proefperiode (augustus 2008-februari 2009) worden getoond in Figuur 1.



Figuur 1 Weersomstandigheden gedurende het experiment (ILVO-station te Lemberge/Merelbeke). Zwarte staven: dagelijkse neerslag; curves: dagelijkse maximum-, gemiddelde en minimumtemperatuur. Rode stippellijn op de X-as: experimentele periode

De effectiviteit van Italiaans raaigras en gele mosterd als vanggewassen om stikstof op te nemen werd vergeleken met een controle (braak). De proefopzet was een gerandomiseerd blokontwerp met 3 herhalingen. Het experiment werd uitgevoerd op drie plaatsen van het perceel, zijnde 1) op de kopakker (blok A), 2) onder normale veldomstandigheden (blok B) en 3) onder meer natte veldomstandigheden (blok C) (Figuur 2). Dit verschil in bodemdrainage was ook terug te vinden op de Belgische bodemkaart (AGIV, 2009) die blok A en B als matig droog en blok C als matig nat weergeeft. Het was onze hypothese dat de wortelgroei van de vanggewassen zou gehinderd worden door verdichting (blok A, kopakker) en minder gunstige drainage-

omstandigheden (blok C) en dat dit de effectiviteit van vanggewassen zou verminderen. De grootte van de plots was 3x10 m² voor blok A en 3x15 m² voor blok B en C. Aangezien gewasgroei heterogeen was in blok A, werden zowel stalen genomen op plaatsen met normale (Anorm) en plaatsen met verminderde gewasgroei (Ared).



Figuur 2 Opzet van het veldexperiment. Getallen aan de zijden van het perceel zijn afstanden in meter

De stoppel van wintertarwe werd los gemaakt met een vaste tand cultivator (20 cm) en een kluitenbreker op 26 augustus 2008. Dit werd herhaald op 28 augustus waarna 27 kg

N/ha werd toegediend met een calcium-ammonium-nitrat-meststof. Een gecombineerde bewerking met een vaste tand cultivator (25 cm diep), een kluitenbreker en een rotoeg werd toegepast op 29 augustus voor het inzaaien van gele mosterd en Italiaans raagrass dezelfde dag. De onkruiden op de braakplots werden doodgespoten op 17 oktober 2008.

9.2.2 Bodemanalyses

De bodems van blok B en C werden goed gekarakteriseerd door boringen en een profielputbeschrijving (FAO, 2006). Bodemtextuur werd bepaald met de sedimentatie methode (ISO 11277:1998 (E)). Chemische bodemkenmerken van de bovenste 30 cm werden bij de start van de proef gemeten: 1) plant-beschikbare nutriënten (ammonium-lactaatextract), pH-KCl, organische koolstof en totale stikstof. Indringingsweerstand werd gemeten met een penetrologger in maart 2009 (een meting per plot). De penetrologger meet indringingsweerstand over een diepte van 45 cm en dit elke 2.5 cm.

Bodemstalen voor initiële minerale N-voorraad (6 steken voor een mengstaal) werden genomen op 28 augustus 2008, vlak voor bemesting en en één dag voor zaai. Een overzicht van de andere bemonsteringsdata is weergegeven in Tabel 1. Van de staalnamedata was er één begin oktober en één in het midden van november, zodat de resultaten representatief zijn voor de start en het einde van de nitraatresiducampagne. Telkens werden vier steken voor een mengstaal genomen in blok B en C. In blok A werden slechts 3 substalen voor één mengstaal genomen dicht bij de plots van de meest recente opbrengstbepaling. De stalen werden genomen per laag van 30 cm en dit tot een diepte van 210 cm in augustus en voor de andere staalnamedata tot een diepte van 90 cm voor blok A en C en tot een diepte van 210 cm voor blok B.

Tabel 1 Overzicht van de staalnames in elke blok

Tijdstip	Blok	Bodemstalen			Wortelstalen			Bovengrondse biomassa		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Half september			x			x			x	
Begin oktober		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Half november		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Half februari		x	x	x				x ^a	x ^a	x ^a

^a Enkel de bovengrondse biomassa van Italiaans raagrass aangezien gele mosterd als was afgestorven

9.2.3 Gewasgroei en nutriëntenopname

De bovengrondse biomassa werd bepaald per plot op alle staalnamedata (Tabel 1) in een frame van 1m² voor blok B en C en in een frame van 0.25m² voor blok A. Droge stofopbrengst werd bepaald bij 70°C voor ten minste 24u. De N-inhoud van de vanggewassen werd bepaald met de Kjeldahl-methode.

De wortelkenmerken werden twee keer gemeten in blok A en C en drie keer in blok B (Tabel 1) in cilinders (diameter 8 cm, lengte 15 cm) van een wortelboor. Er werd telkens 1 staal genomen per plot op de plaats waar de bovengrondse biomassa werd bepaald en in de gewasrij. De wortelstalen werden genomen tot 15 cm onder de diepst gedetecteerde wortel. De maximale worteldiepte werd genoteerd. De bodemstalen werden bevroren tot

de wortels werden uitgewassen over een 0.5 mm zeef. Nadien werd de wortellengte bepaald met de aangepaste lijn-intersect methode van Newman (Oliveira et al., 2000). Voor grotere wortelstalen, werd de wortellengte bepaald op $\frac{1}{4}$ van het staal. Er werd bepaald dat dit leidt tot een relatieve standaardafwijking (= standaardafwijking/totale wortellengte van het staal) van 10% of minder. Nadat wortellengte werd gemeten, werden de wortels gedroogd bij 65°C voor 48u om de droge stof van de wortelmasa te bepalen.

9.3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

9.3.1 Bodemkenmerken

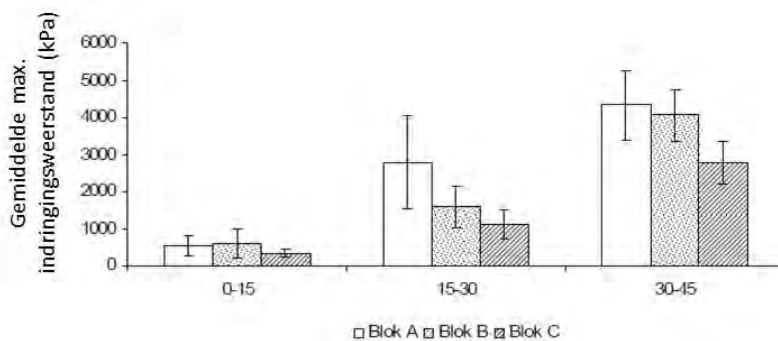
De bodem van het perceel kon worden geclassificeerd als een Terric Anthrosol. De bodemtextuur van de toplaag (0-30 cm) was lichte zandleem in blok B en C met 58.0-59.9% zand (50-2000 μm), 33.9-35.7% leem (2-50 μm) en 6.2-6.3% klei (<2 μm). Chemische bodemeigenschappen zijn samengevat voor elke blok in Tabel 2. De grootste verschillen tussen de blokken werden gevonden voor plant-beschikbare P- en K-gehaltenes, die daalden van blok A naar blok C.

Tabel 2 Chemische bodemeigenschappen van elk blok bij het begin van het experiment

	pH-KCl	%C	%TN ^a	Plant-beschikbare nutriënten (mg/100g droge bodem)				
				P	K	Mg	Ca	Na
Blok A	6.9	1.0	0.151	21.4	36.9	22.6	110.8	5.2
Blok B	6.8	1.0	0.109	14.7	29.0	18.9	88.7	5.5
Blok C	6.2	1.1	0.106	10.9	23.1	19.9	94.5	5.2

^a Total stikstof zoals bepaald door de gewijzigde Kjeldahl methode

De indringingsweerstand was significant hoger in blok A in vergelijking met blok B en C voor de laag 15-30 cm en verminderde wortelgroei werd op basis hiervan al verwacht in deze laag in blok A (Figuur 3). In blok B en C verwachtten we verminderde wortelgroei vanaf de laag 30-45 cm met een meer uitgesproken effect in blok B. Ondanks wat werd verwacht, werden er geen verschillen in indringingsweerstand gevonden tussen subplots van blok A met normale (Anorm) en verminderde (Ared) wortelgroei.

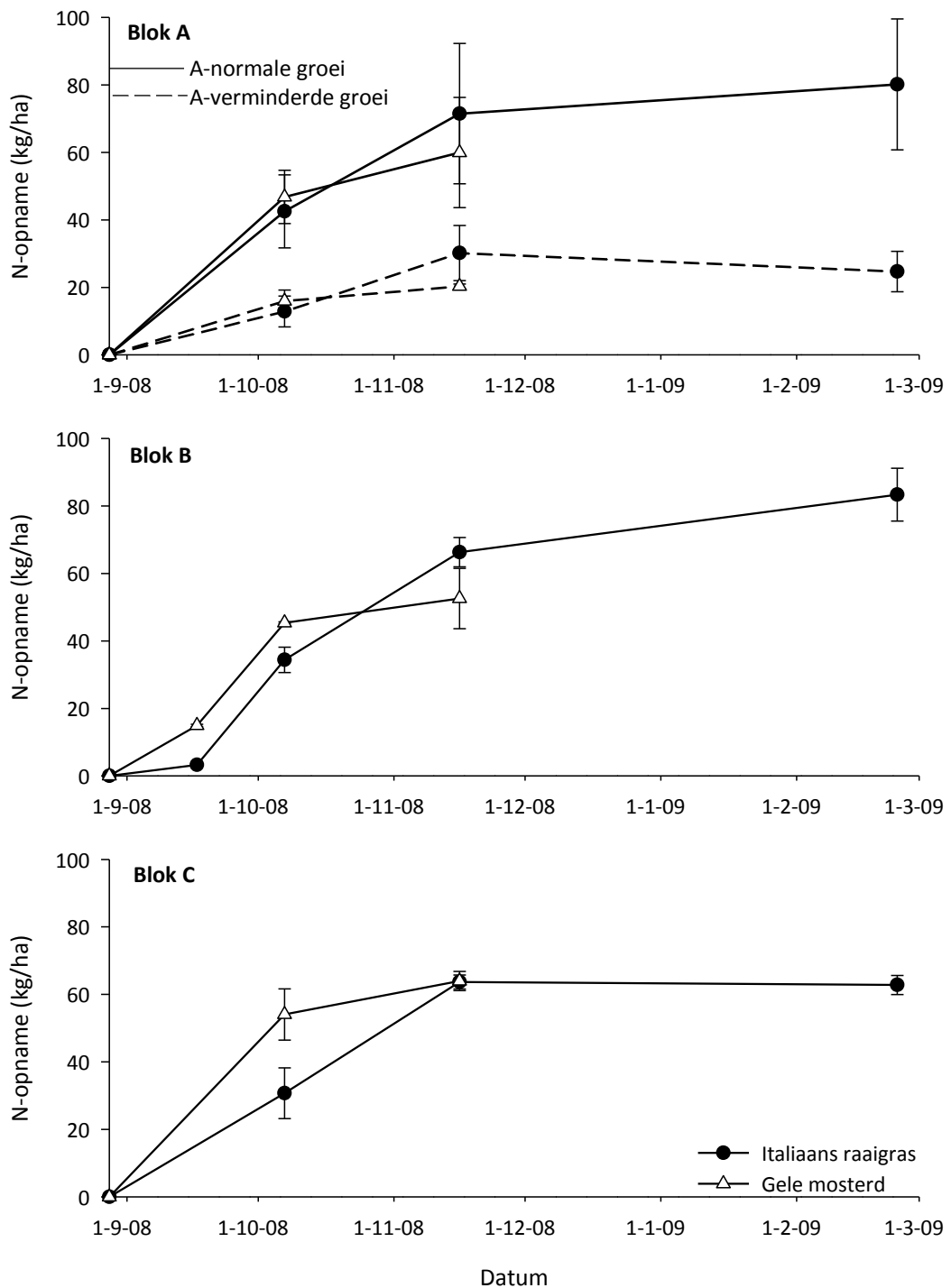


Figuur 3 Gemiddelde maximale indringingsweerstand (kPa) binnen elke blok op 3 dieptes (cm). Error bars zijn standaardafwijkingen

9.3.2 Ruimtelijke en temporele variabiliteit van de groei van vanggewassen en stikstofopname

Op de laatste staalnamedag (Tabel 1) was de droge stofopbrengst van de bovengrondse biomassa tussen 3.0 en 3.5 ton/ha, behalve voor de lagere opbrengst voor Italiaans raaigras in blok C (2.8 ton/ha) en voor beide vanggewassen op de plaatsen met verminderde groei op de kopakker (Ared). De bovengrondse biomassa in november was niet significant verschillend tussen verschillende types vanggewassen binnen de blokken. Er waren ook geen significante verschillen tussen de blokken Anorm, B en C.

De temporele evolutie van de N-opname in de bovengrondse biomassa wordt weergegeven in Figuur 4. Eerst is gele mosterd meer efficiënt in het opnemen van stikstof dan Italiaans raaigras (metingen in september en oktober). Dit leidt tot een significant hogere stikstofopname door gele mosterd dan door raaigras in oktober. Nadien, vertraagde de groei van gele mosterd door de koudere weersomstandigheden, terwijl raaigras stikstof bleef accumuleren in de bovengrondse biomassa (meting in november). Geen statistisch significante verschillen in N-opname tussen gele mosterd en Italiaans raaigras werden nog teruggevonden in november. Er waren ook geen verschillen tussen de blokken, behalve voor Ared waar er een verlaagde N-opname werd vastgesteld, met name 30 kg/ha voor Ared tegenover 53-72 kg N/ha voor de andere blokken. Gele mosterd stierf af door de vorst gedurende de winter (geen metingen meer in februari) en de groei van Italiaans raaigras vertraagde duidelijk, wat resulteerde in een gelijke of slechts lichtjes hogere stikstofopname na de winter (februari) in vergelijking met ervoor (november).



Figuur 4 N-opname in de bovengrondse biomassa (kg/ha) voor de verschillende types vanggewassen en plaatsen op het veld (blokken). Error bars zijn standaardafwijkingen

De maximale worteldiepte was significant lager voor zowel Anorm als Ared (25-45 cm) in vergelijking met blok B en C (50-60 cm). Dit werd verwacht op basis van de resultaten van de indringingsweerstand (Figuur 3). Worteldiepte was significant hoger voor gele mosterd in vergelijking met raaigras in oktober ($p=0.045$), maar dit verschil verdween in november. De worteldiepte van gele mosterd was dus niet zo groot als verwacht. Misschien is dit te wijten aan de hoge indringingsweerstand of door voldoende stikstof die beschikbaar was

in de toplaag, waardoor de wortels niet dieper moesten groeien. In oktober was de wortellengte niet significant verschillend, noch tussen de blokken, noch tussen de verschillende types vanggewassen. In november, daarentegen, was de wortellengte van raaigras significant hoger dan voor gele mosterd ($p < 0.001$). Dit verschil was het grootst in blok B en C. De wortelmassa was niet significant verschillend tussen de blokken of tussen de types groenbedekkers. Gele mosterd heeft echter een penwortel die ongeveer 60% van de wortelmassa omvat. Zonder deze penwortel was de wortelmassa van raaigras ongeveer twee keer zo groot als van gele mosterd.

9.3.3 Ruimtelijke en temporele variabiliteit van minerale stikstof in de bodem

Alleen minerale stikstof (N) van blok B is weergegeven in Figuur 5 aangezien er in deze blok stalen zijn genomen tot een diepte van 210 cm (ten opzichte van 90 cm in de andere blokken) en aangezien de bodem 4 keer werd bemonsterd in plaats van 3 keer. De resultaten voor de andere blokken zijn gelijkaardig, behalve voor de initiële minerale N-inhoud in de 90-210 cm laag, die 71 kg N/ha bedroeg voor blok A, 100 kg N/ha voor blok B, maar slechts 21 kg N/ha voor blok C. Het is mogelijk dat de nitraten al grotendeels zijn uitgespoeld naar de hogere grondwatertafel in deze blok.

Voor de braakplots van blok B is de piek in minerale N in september veroorzaakt door een outlier in de 90-210 cm laag. Wanneer we deze outlier verwijderen, verhoogt de minerale stikstof nog steeds maar de piek wordt meer duidelijk bereikt in oktober. Tussen inzaai en oktober veroorzaakte mineralisatie een verhoging van minerale N in het profiel (0-90 cm) van de braakplots met 35 kg N/ha voor blok B, 53 kg N/ha voor blok C en 11 kg N/ha voor blok A. De lagere mineralisatie in blok A kan toegeschreven worden aan de hogere bodemdichtheid (Figuur 3). In de braakplots van blok B was er een herverdeling van minerale stikstof gedurende de winter. De hoeveelheid minerale stikstof daalde in de toplaag (0-30 cm), terwijl ze toenam in de laag eronder (30-60 cm) tot november. Daarna was er een afname in deze laag (30-60 cm) en een toename in de lagen 60-90 cm en 90-210 cm. De afname van minerale stikstof in het hele bodemprofiel (0-210 cm) na november geeft aan hoeveel stikstof verloren is uit het systeem door gasvormige of uitspoelingsverliezen (minstens 15 kg N/ha). Indien we alle meetmomenten in acht nemen, varieerde het aandeel ammonium-N in de totale hoeveelheid minerale N voor blok B tussen 19 en 58% voor de 0-30 cm laag, 13-50% in de 30-60 cm en 60-90 cm lagen en tussen 15 en 37% in de diepere bodemlagen.

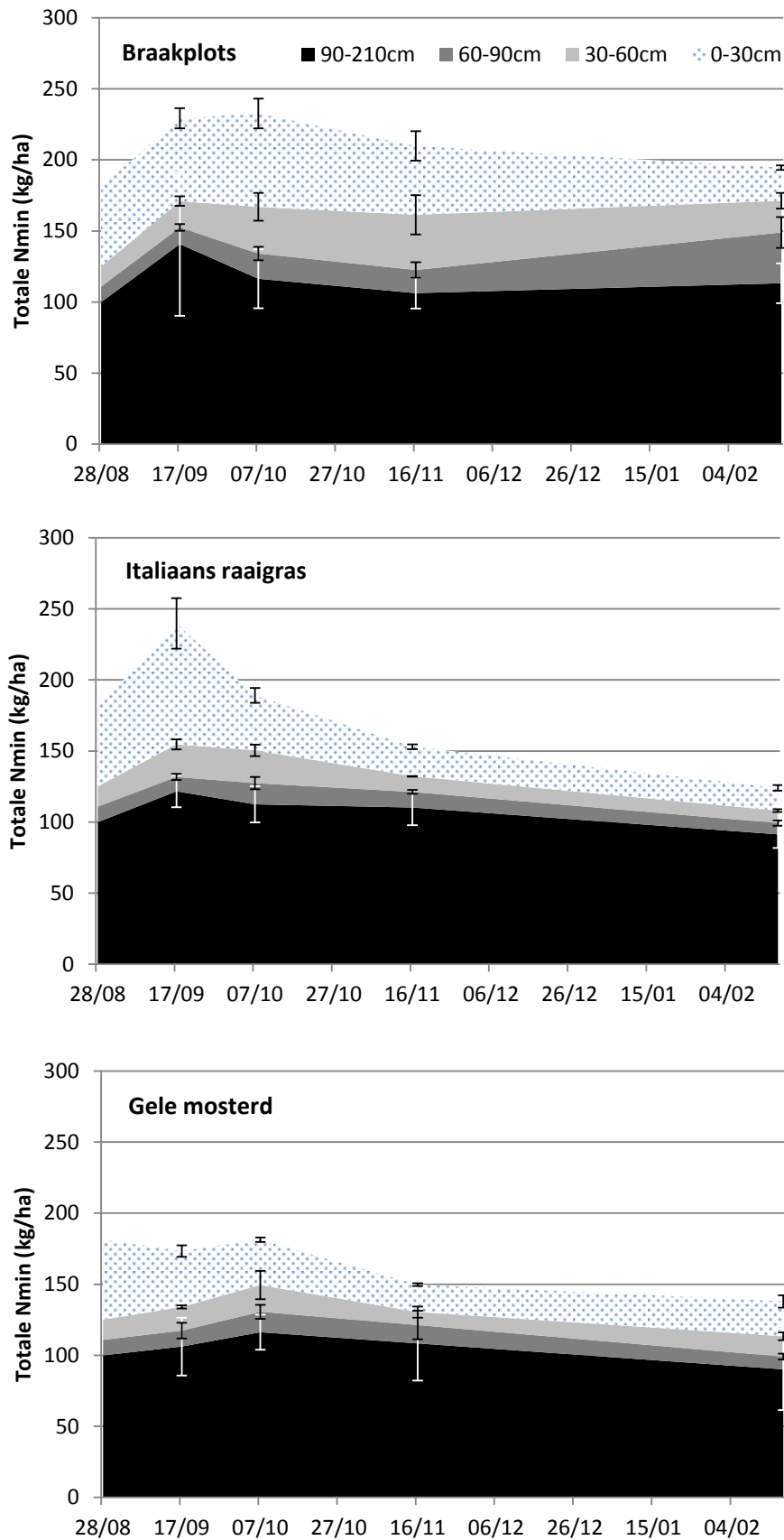


Figure 5 Temporele variabiliteit van minerale N ($\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$) (kg/ha) in de verschillende bodemlagen van blok B voor braakplots en de behandelingen met Italiaans raai gras en gele mosterd. Error bars zijn standaardafwijkingen

Vanaf het midden van september begon Italiaans raaigras effectief te worden als vanggewas door de minerale N voorraad in de 0-30 cm laag te verlagen en dus uitspoelingsverliezen naar de onderliggende lagen te voorkomen. De resultaten voor gele mosterd zijn gelijkaardig, behalve dat gele mosterd al effectief bleek na een paar weken (midden-september). Dit werd al aangetoond door de hogere N-opname in september (15 kg N/ha in de bovengrondse biomassa) in vergelijking met Italiaans raaigras (3 kg N/ha), maar dit kan niet volledig het verschil tussen gele mosterd en raaigras/braak verklaren. Een tweede verschil met Italiaans raaigras was dat de minerale stikstof in de bovenste laag (0-30 cm) lichtjes toenam tijdens de winter (maar niet significant), in plaats van af te nemen, zoals werd waargenomen in de braakplots en de plots met Italiaans raaigras. We veronderstellen dat de bevroren plantendelen al begonnen te mineraliseren na de vorstperiode in januari 2009, wanneer de temperatuur opnieuw begon te stijgen tot maximum temperaturen van 5-10°C. Zelfs bij een temperatuur van 2°C vonden Cookson et al. (2002) dat N-mineralisatie van gewasresten, klaver in dit geval, mogelijk is. We schatten, door vergelijking met de braakplots, dat de mineralisatie van gele mosterd tussen november en februari ten minste 30 kg N/ha bedroeg. Ondanks de mineralisatie van de gewasresten, werden er echter geen verschillen in minerale stikstof van de bodem gevonden tussen beide types vanggewassen in februari, net zoals ook werd gezien in november. Aangezien er significante verschillen waren met de braakplots in november, behalve voor Ared, bleken beide types vanggewassen effectief te zijn.

Met dit onderzoek wilden we ook het effect van staalnametijdstip en type vanggewas op het nitraatresidu in de 0-90 cm laag aantonen. We namen stalen in het begin van oktober en het midden van november, wat representatief is voor de start en het einde van de officiële meetperiode. Bemonsteringstijdstip had geen invloed op het nitraatresidu van de braakplots en de plots met gele mosterd ($p > 0.10$) (Tabel 3). Voor Italiaans raaigras daarentegen was het nitraatresidu significant lager in het midden van november in vergelijking met het begin van oktober in blok B en C (afname met 24-29 kg N/ha) omdat raaigras bleef groeien in deze periode. De nitraat-N gehalten in de braakplots waren hoog en benaderden de grens van 90 kg N/ha. Het telen van vanggewassen, Italiaans raaigras of gele mosterd, blijkt effectief te zijn om het nitraatresidu te verlagen wanneer ze worden gezaaid op het einde van augustus zoals in deze studie.

Tabel 3 Nitraatresidu (kg NO₃⁻-N/ha; 0-90 cm) bij het begin en einde van de nitraatresiducampagne in 2008

	7 oktober			15 november		
	Braak	Italiaans raaigras	Gele mosterd	Braak	Italiaans raaigras	Gele mosterd
Blok Anorm						
Blok Ared	68.2	35.3	24.2	65.4	22.1	15.3
Blok B	84.4	28.0	17.8	79.4	26.4	20.3
Blok C	98.7	39.6	24.7	86.0	15.7	15.8
		37.2	11.4		8.5	6.5

9.4 BESLUIT

Wanneer er eind augustus ingezaaid wordt, heeft gele mosterd het vermogen om snel te groeien en de minerale stikstofvoorraad in de bodem enkele weken later al te verlagen. Gele mosterd bleef groeien en stikstof uit het profiel onttrekken tot het midden van oktober. Italiaans raaigras groeide trager maar bleef stikstof opnemen tot het midden van november. Het staalnametijdstip voor het meten van het nitraatresidu in het kader van het mestdecreet bleek niet belangrijk wanneer de bodem braak is of wanneer gele mosterd is ingezaaid, maar wanneer Italiaans raaigras ingezaaid is, bleek staalname op het einde van de staalname periode (half november) gunstiger voor landbouwers.

De hoeveelheid minerale stikstof in de laag 90-210 cm, die gevoelig is om uit te spoelen naar oppervlakte of grondwater was aanzienlijk in vergelijking met de hoeveelheid minerale stikstof in de laag 0-90 cm. Diep wortelende gewassen zijn nodig om deze stikstof terug naar het oppervlakte te brengen. In onze studie was de worteldiepte (50-60 cm), niet zo hoog als verwacht, vooral niet voor gele mosterd. Minder gunstige bodemomstandigheden, zoals in de kopakker, verminderen de kansen om dieper te wortelen nog verder en verlagen zo ook het vermogen van vanggewassen om stikstof dieper in het profiel op te nemen.

9.5 LITERATUURLIJST

AGIV, 2009. Geo-Vlaanderen (bodemkaart). <http://www.agiv.be/gis/diensten/geo-vlaanderen/?catid=8>

Cookson, W.R., Cornforth, I.S., Rowarth, J.S., 2002. Winter soil temperature (2-15°C) effects on nitrogen transformations in clover green manure amended or unamended soils; a laboratory and field study. *Soil Biology and Biochemistry* 34, 1401-1415.

Coorevits, L., 2009. Beworteling van groenbedekkers in functie van bodemverdichting – Consequenties voor de stikstofdynamiek. MSc dissertation, Departement Aard- en Omgevingswetenschappen, Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Leuven.

FAO, 2006. Guidelines for soil description. 97p.

Glinski, J., Lipiec, J., 1990. Soil physical conditions and plant roots. CRC Press, Boca Raton, FL.

Kristensen, H.L., Thorup-Kristensen, K., 2004. Root growth and nitrate uptake of three different catch crops in deep soil layers. *Soil Science Society of America Journal* 68, 529-537.

Lipiec, J., Stepniewski, W., 1995. Effects of soil compaction and tillage systems on the uptake and losses of nutrients. *Soil and Tillage Research* 35, 37-52.

Oliveira, M.R.G., Van Noordwijk, M., Gaze, S.R., Brouwer, G., Bona, S., Mosca, G., Hairiah, K., 2000. Auger sampling, ingrowth cores and pinboard methods. In: Smit, A.L., Bengough, A.G., Engels, C., Van Noordwijk, M., Pellerin, S., van de Geijn, S.C. (Eds), *Root methods: A handbook*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 176-210.

Relaes, J., 2000. Code van goede landbouwpraktijken: Nutriënten. Algemene principes en aandachtspunten in verband met bemesting, groenbedekking, erosie. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling land- en tuinbouwworming, Brussel.

Thorup-Kristensen, K., Magid, J., Jensen, L.S., 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy* 79: 227-301.

Ver Elst, P., 2007. Beheersen van nitraatresidu: wat kan op dit ogenblik nog gebeuren? *Landbouw & Techniek* 14, 9-12.