

Landbouwkundige en milieutechnische aspecten bij teelt van aardappelen op gescheurd grasland

N levering bij voorhistorie akkerbouw, tijdelijk grasland en ex-blijvend grasland en de N-benutting door aardappelen in een veldproef van de Universiteit van Gent (B) te Melle in 2002 en 2003

Peter Dekker en Wim van den Berg, PPO-agv in Lelystad
Lydia Bommelé en Dirk Reheul , Universiteit Gent, België

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Dit onderzoek is financieel mede mogelijk gemaakt door:

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Projectnummer: 510179

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Business-unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Edelhertweg 1
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
2	PROEFOPZET EN UITVOERING	7
2.1	Proefopzet	7
2.2	Materiaal en methoden	7
3	RESULTATEN	9
3.1	Gewasgegevens	9
3.1.1	Totaal opbrengst van de aardappelen	9
3.1.2	Opbrengst van de aardappelen > 40 mm	10
3.1.3	Drogestofgehalte	11
3.1.4	Stikstofgehalte in de drogestof	12
3.1.5	Drogestofopbrengst	13
3.1.6	Onderwatergewicht	14
3.1.7	Stikstofopname van de geoogste aardappelen	15
3.1.8	Schurftindex	16
3.2	Bodemstikstof	17
3.2.1	Hoeveelheid minerale bodemstikstof in 2002	17
3.2.2	Hoeveelheid minerale bodemstikstof in 2003	19
4	STIKSTOFLEVERING UIT GESCHEURD GRASLAND	23
4.1	Stikstoflevering in 2002	23
4.2	Stikstoflevering in 2003	23
4.2.1	Schatting extra netto stikstofmineralisatie in 2002 en 2003	23
5	STIKSTOFBENUTTING DOOR HET VOLGGEWAS AARDAPPELEN	25
5.1	N-benutting gebaseerd op opbrengstresponscurves	25
5.1.1	Oogstjaar 2002	26
5.1.2	Oogstjaar 2003	26
5.1.3	Invloed historie op opbrengstniveau bij onbeperkte N-voorziening	27
5.2	N-benutting gebaseerd op N-opnameresponscurve	28
5.2.1	Oogstjaar 2002	28
5.2.2	Oogstjaar 2003	29
5.3	N-gift blijvend akkerbouw en opbrengstniveau na gras	29
5.3.1	Oogstjaar 2002	30
5.3.2	Oogstjaar 2003	30
6	CONCLUSIES	31
6.1	Stikstoflevering en stikstofbenutting	31
6.2	Opbrengst en kwaliteit	33
6.3	Nitraatuitspoeling	34
7	SAMENVATTING	35
	BIJLAGE 1	37
	BIJLAGE 2	39
	BIJLAGE 3. LITERATUURVERWIJZING	41

1 Inleiding

In het Mest- en Mineralenprogramma 398-II wordt onderzoek verricht naar de effecten van het scheuren van grasland op N- en P-processen. Een wisselbouwproef van de Universiteit van Gent (B) werd hierbij opgenomen omwille van zijn bijzonder lange en goed gedocumenteerde voorgeschiedenis. In 2002 vonden enkele ingrijpende veranderingen plaats om nieuwe kennis te vergaren. Hierbij kreeg het scheuren van grasland vernieuwde aandacht, in het bijzonder voor de aardappelteelt.

De kernvragen voor het onderzoek zijn:

1. Hoeveel N komt vrij na scheuren van 35-jaar oud en van 3-jarig oud grasland en hoeveel kan op kunstmeststikstof gespaard worden als aardappelen op gescheurd grasland geteeld worden.
2. Wat gebeurt er met de opbrengst en kwaliteit van aardappelen na het scheuren van 35-jaar oud en 3-jaar oud grasland.
3. Hoe groot zijn de risico's op N-uitspoeling na het telen van aardappelen op gescheurd grasland.

2 Proefopzet en uitvoering

2.1 Proefopzet

De wisselbouwproef M66.1 werd aangelegd in 1966 op de proefvelden van de Landbouwfaculteit van de Universiteit Gent te Melle. De textuurklasse van het proefvlak is zandleem. Van 1966 t/m 2001 werden de volgende 4 systemen aangelegd volgens een Latijns vierkant proefschema (4 systemen x 4 herhalingen):

- a) BA : blijvende akkerbouw (continueelt snijmaïs vanaf begin jaren negentig t/m 2001)
- b) BG : blijvend begraasd grasland, ingezaaid in 1966 en sindsdien nooit heringezaaid. Het betreft een gras-klavermengsel.
- c) TA : tijdelijke akkerbouw (3 jaar snijmaïs) in afwisseling met tijdelijk begraasd grasland (3 jaar). Het betreft een gras-klavermengsel.
- d) TG : tijdelijk begraasd grasland (het betreft een driejarige gras-klavermengsel) in afwisseling met tijdelijke akkerbouw (3 jaar snijmaïs)

c) en d) zijn gelijke systemen maar met een verschuiving in de tijd van drie jaar ; zo zijn er op elk moment vier histories in de proef.

In 2002 is op de systemen blijvende akkerbouw, blijvend grasland (gescheurd in april 2002) en tijdelijk akkerbouw (gescheurd in april 2002) ook het gewas aardappel (cv. 'Bintje') in het proefplan opgenomen. Van de historie blijvend grasland bleef in 2002 een gedeelte in stand als grasland. In 2003 is dit resterende gedeelte gescheurd en daar zijn in 2003 ook aardappelen op geteeld. Ook op velden waar in 2002 aardappelen zijn geteeld, zijn in 2003 opnieuw aardappelen geteeld.

In de drie teeltsystemen (histories) met aardappelen zijn drie N-trappen: 0, 75 of 200 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ met elkaar vergeleken. De veldjes waar in 2003 voor de tweede achtereenvolgende keer aardappelen zijn geteeld, hebben in 2003 dezelfde N-bemesting gehad als in 2002.

Om gebreksverschijnselen van andere aard dan N te vermijden, zijn de aardappelen met voldoende fosfaat en kali bemest: 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ in de vorm van tripel-superfosfaat en 250 kg K₂O ha⁻¹ jaar⁻¹ in de vorm van kali-40. Onkruiden werden met erkende herbiciden bestreden.

Op elk systeem komt een stukje zwarte braak (=onbegroeid) voor dat geen minerale N toegediend kreeg én dezelfde grondbewerkingen onderging als het bij behorend gewas.

2.2 Materiaal en methoden

Het scheuren van het 3 jaar oude grasland en het 35 jaar oude grasland gebeurde op 8 april 2002 en van het resterende blijvende grasland op 8 april 2003. De basis-grondbewerking was frezen (ca. 15 cm diep), zowel voor de 'kerende' bewerking op de akkerpercelen als het vernietigen van de graszode en inwerken ervan. In 2002 zijn de aardappelen op 23-25 april gepoot, op 6 september doodgespoten en op 23+24 september geoogst. In 2003 zijn de aardappelen op 11 april gepoot en op 12+15 september (veldjes waar voor de tweede keer aardappelen stonden) en op 22 september (in 2003 gescheurd blijvend gras) geoogst. De aardappelen op vers gescheurd grasland stierven in 2003 later af dan die van de andere objecten. Per veldje zijn minimaal 40 aardappelplanten uit een voorzien centraal deel van het perceel geoogst. De geoogste knollen werden gesorteerd en gewogen. Van de knollen (> 40 mm) werden 5 kg gewassen knollen genomen voor onderwatergewicht-bepaling en voor bepaling van de schurftindex. Het gaat om de gewone schurft veroorzaakt door *Streptomyces* spp. Percentage schurft op de schil werd per aardappelknol geschat op een schaal van 0 tot 5, waarbij 0 staat voor 0% schurft, 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 en 5 staan voor resp. 0,5%; 5%; 12,5%; 20%; 33%; 46%; 53%; 60% en 80% schurft. Gemiddelde procentuele bedekking van de schil met schurft wordt dan bekomen met volgende formule:

$$\% \text{ schurft} = \frac{\sum(\text{aantal knollen per schaalscore} \times \text{overeenkomstig schurftpercentage})}{\text{totaal aantal beoordeelde knollen}}$$

Bovendien werden 10 gewassen knollen in fijne schijven gesneden en gedroogd (42 uur bij 70°C, dan 4 uur bij 105°C) ter bepaling van het drogestofgehalte en na malen verder gebruikt voor analyse van het N-gehalte (Dumas-methode).

Op 8 oktober 2002 en 5 november 2003 werd het mineraal N-residu (kg nitraat-N ha⁻¹) in de bodem bepaald. Elk subperceel is met een gutsboor bemonsterd (twee steken ad random per subperceel) voor de drie horizonten (0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm). Het materiaal uit het A-profiel (0-30 cm) werd geëxtraheerd met KCl; nitraat-N werd colorimetrisch bepaald met een continuous flow analyser. De B- en C-stalen (30-60 cm en 60-90 cm) werden geëxtraheerd met KAl(SO₄)₂ en de nitraat-N vervolgens gemeten met een nitraatgevoelige electrode.

Om een beter inzicht te krijgen in het tot stand komen van dit residu werd vanaf april maandelijks gedurende het groeiseizoen de minerale N-hoeveelheid (kg ammoniakale én nitraat-N ha⁻¹) in de bodem bepaald. Dit gebeurde op vooropgestelde monsterpunten onder onbemeste begroeide (ON) en onbegroeide braakpercelen om de N-dynamiek in de 3 profielen te kennen. Alle monsters (A-, B- en C-horizonten) werden geëxtraheerd met KCl; nitraat- en ammonium-N werden colorimetrisch bepaald met een continuous flow analyser. Van de historie ex-BG02 zijn van de proef in 2002 niet alle gegevens van de bemonsteringen van het braakveldje betrouwbaar. De monsters zijn in dit object gedurende het groeiseizoen in het dal tussen de aardappelruggen gestoken, waardoor de analyse-uitslagen een onderschatting geven van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodemlaag 0-30 cm.

3 Resultaten

De belangrijkste resultaten van deze veldproef zijn weergegeven in de tabellen 1 t/m 20. Er is een onderscheid gemaakt naar gewasgegevens (tabellen 1 t/m 16) en naar bodemgegevens (tabellen 17 t/m 20).

De resultaten zijn geanalyseerd met Genstat Windows. Steeds worden de gemiddelde gegevens van de vier herhalingen gemeld per combinatie van historie en N-bemesting en de gemiddelden voor de hoofdeffecten historie en N-bemesting. Vermeld worden de F-toetsen voor hoofdeffecten en de interactie tussen historie en N-bemesting. Wanneer de interactie significant is, wordt de Lsd gepresenteerd om verschillen tussen N-bemesting te toetsen binnen dezelfde historie en de Lsd voor de overige verschillen. Is de interactie niet significant dan worden de Lsd's vermeld die behoren bij de gemiddelden van historie en N-bemesting. De Lsd's zijn gebaseerd op de T-verdeling bij 5% onbetrouwbaarheid.

De historie blijvend akkerbouw wordt in het verslag aangeduid met de code BA

De historie blijvend grasland gescheurd in 2002 met de code ex-BG02

De historie blijvend grasland gescheurd in 2003 met de code ex-BG03

De historie 3 jarig grasland (wisselbouw met akkerbouw) gescheurd in 2002 met de code TA-02.

3.1 Gewasgegevens

In de tabellen 1 t/m 16 worden de belangrijkste gewasgegevens weergegeven; opbrengst totaal versgewicht, opbrengst > 40 mm, drogestofgehalte, N-gehalte in de drogestof, drogestofopbrengst, onderwatergewicht van de aardappelen, N-opname door de geoogste knollen en de schurftindex. De gegevens van beide jaren zijn per karakteristiek bij elkaar gezet, waarbij ook de wiskundige analyse is weergegeven. De conclusies worden per proefjaar besproken.

De histories TA-02 en ex-BG02 zijn voorjaar 2002 gescheurd. De resultaten van de aardappelen geven in oogstjaar 2002 informatie over de eerstejaarswerking en in oogstjaar 2003 over de tweedejaarswerking van stikstof na scheuren van het grasland.

In 2003 zijn de aardappelen bij de histories BA, TA-02 en ex-BG02 op dezelfde plaats geteeld als in 2002. Deze histories hebben allemaal aardappel als voorvrucht. De historie ex-BG03 betreft vers gescheurd 36 jaar oud grasland gescheurd in 2003. Bij historie ex-BG worden in 2003 twee objecten met elkaar vergeleken. Het betreft in voorjaar 2002 en in voorjaar 2003 gescheurd grasland. Op het in 2002 gescheurde grasland wordt in 2003 voor het tweede achtereenvolgende jaar aardappelen geteeld. Het opbrengstniveau van dit object valt tegen. De aardappelen stierven vroeger af, vermoedelijk door een pathogeen dat zich op de klaver in stand heeft gehouden en zich in de eerste teelt van aardappelen in 2002 sterk heeft vermeerderd. Gedacht wordt aan de bodemgebonden schimmel *Verticillium dahliae*. Het is bekend dat het aardappelras Bintje daar gevoelig voor is.

3.1.1 Totaal opbrengst van de aardappelen.

De totaalopbrengst van de aardappelen, uitgedrukt als vers gewicht in ton/ha is weergegeven in de tabellen 1 en 2.

Tabel 1. **Opbrengst aardappelen. Versgewicht totaal (ton/ha). Oogstjaar 2002.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	30,8	53,3	65,9	50,0
TA-02	60,0	60,1	66,8	62,3
ex-BG02	53,1	60,3	55,0	56,1
Gemiddeld	48,0	57,9	62,6	56,1

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	< 0, 001	0 ,010	< 0, 001
Lsd			7,6
Lsd *			4,9

Lsd* binnen dezelfde historie

De N-gift, de historie en de interactie tussen beide hoofdeffecten is in oogstjaar 2002 significant. Bij vergelijking binnen dezelfde historie zijn verschillen groter dan 4,9 ton/ha significant. Bij vergelijking tussen histories geldt een Lsd-waarde van 7,6 ton/ha.

Bij BA neemt de opbrengst sterk toe als gevolg van de N-bemesting. Bij TA-02 is er geen verschil in opbrengst tussen 0N en 75 N. Bij ex-BG wordt bij 200 N een significant lagere opbrengst gemeten; dit is niet te verklaren.

Tabel 2. **Opbrengst aardappelen. Versgewicht totaal (ton/ha). Oogstjaar 2003.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	22,4	43,0	56,6	40,7
TA-02	36,4	45,6	59,3	47,1
ex-BG02	38,1	43,9	46,8	42,9
Ex-BG03	55,4	56,7	55,1	55,8
Gemiddeld	38,1	47,3	54,4	46,6

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	< 0, 001	<0 ,010	< 0, 001
Lsd			5,4
Lsd *			4,5

Lsd* binnen dezelfde historie

Het opbrengstniveau van de aardappelen is in 2003 lager dan in 2002. De N-gift, de historie en de interactie tussen beide hoofdeffecten is ook in oogstjaar 2003 significant. Bij vergelijking binnen dezelfde historie zijn verschillen groter dan 4,5 ton/ha significant. Bij vergelijking tussen histories geldt een Lsd-waarde van 5,4 ton/ha.

Bij BA en TA-02 neemt de opbrengst sterk toe als gevolg van de N-bemesting. Bij ex-BG02 neemt de opbrengst alleen betrouwbaar toe van 0 naar 75 kg N-bemesting en is de opbrengsttoename van 75 naar 200 kg N/ha niet betrouwbaar.

Bij historie ex-BG03 heeft de N-bemesting geen invloed op de opbrengst.

De opbrengst van ex-BG02 is beïnvloed door het vroeger afsterven van het gewas t.o.v. ex-BG03 en blijft daardoor op een lager niveau. Het lijkt erop dat met name het object met een N-bemesting van 200 kg /ha achter blijft in opbrengst.

3.1.2 Opbrengst van de aardappelen > 40 mm

Voor de praktijk is de opbrengst > 40 mm van belang. Deze is weergegeven in de tabellen 3 en 4.

Tabel 3. **Opbrengst aardappelen. Versgewicht >40 mm (ton/ha). Oogstjaar 2002.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	20,0	42,0	55,4	39,1
TA-02	50,4	51,7	58,8	53,6
ex-BG02	44,3	50,1	45,8	46,8
Gemiddeld	38,3	47,9	43,3	46,5

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	0,003	< 0,001	< 0,001
Lsd			7,4
Lsd *			5,0

Lsd* binnen dezelfde historie

De N-gift, de historie en de interactie tussen beide hoofdeffecten is in 2002 significant. Bij vergelijking binnen dezelfde historie zijn verschillen groter dan 5,0 ton per ha significant en bij vergelijking tussen histories is dit 7,4 ton/ha.

Bij BA en TA-02 neemt de opbrengst sterk toe als gevolg van de N-bemesting. Bij TA-02 is er geen verschil in opbrengst tussen 0N en 75 N. Bij ex-BG02 wordt bij 200 N een significant lagere opbrengst gemeten; dit is niet te verklaren.

Tabel 4. **Opbrengst aardappelen. Versgewicht >40 mm (ton/ha). Oogstjaar 2003.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	10,3	29,0	43,3	27,5
TA-02	22,9	31,2	46,0	33,4
ex-BG02	25,3	30,1	35,0	30,2
Ex-BG03	41,1	43,0	41,0	41,7
Gemiddeld	24,9	33,3	41,3	33,2

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	<0,001	<0,001	<0,001
Lsd			5,4
Lsd *			4,5

Lsd* binnen dezelfde historie

De opbrengst > 40 mm in oogstjaar 2003 is lager dan die in 2002. De N-gift, de historie en de interactie tussen beide hoofdeffecten is significant. Bij vergelijking binnen dezelfde historie zijn verschillen groter dan 4,5 ton per ha significant en bij vergelijking tussen histories is dit 5,4 ton/ha.

Bij BA, TA-02 en ex-BG02 neemt de opbrengst sterk toe als gevolg van de N-bemesting. Bij ex-BG03 is er geen betrouwbare opbrengstreactie op de N-bemesting. Het opbrengstniveau van object ex-BG02 bij 200 kg N/ha blijft sterk achter bij die van de andere objecten.

3.1.3 Drogestofgehalte

Het drogestofgehalte van de aardappelen is weergegeven in de tabellen 5 en 6.

Tabel 5. **Drogestofgehalte van de aardappelen (gram ds per 100 gram vers). Oogstjaar 2002.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	22,4	20,6	19,8	21,0
TA-02	21,7	21,5	19,4	20,9
ex-BG02	21,3	20,5	20,4	20,8
Gemiddeld	21,8	20,9	19,9	20,9

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	< 0,001	0,831	0,01
Lsd			1,01
Lsd *			0,92

Lsd* binnen dezelfde historie

De N-gift heeft in 2002 een significant effect op het drogestofgehalte van de aardappelen. Naarmate meer stikstof gegeven wordt, is het drogestofgehalte lager. Er is echter wel sprake van een interactie met de histories; bij ex-BG is er geen significante verlaging van het drogestofgehalte bij toenemende N-gift.

Tabel 6. **Drogestofgehalte van de aardappelen (gram ds per 100 gram vers). Oogstjaar 2003.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	20,4	22,0	21,9	21,4
TA-02	22,7	22,8	22,6	22,7
ex-BG02	22,9	22,9	22,8	22,9
Ex-BG03	22,6	23,2	23,3	23,0
Gemiddeld	22,1	22,7	22,6	22,5

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	0,06	<0,001	0,23
Lsd	0,54	0,51	1,00
Lsd *			1,09

Lsd* binnen dezelfde historie

Het drogestofgehalte van de aardappelen is in 2003 hoger dan dat van 2002. De historie heeft een significant effect op het drogestofgehalte van de aardappelen. Als het gemiddelde drogestofgehalte van een historie meer dan 0,51 % afwijkt van dat van een andere historie dan is dit verschil betrouwbaar. Dit betekent dat de aardappelen geteeld op blijvende akkerbouw (historie BA) een betrouwbaar lager drogestofgehalte hadden dan die van de andere histories. De verschillen tussen de overige histories zijn niet betrouwbaar.

Het effect van de N-bemesting is niet significant. Het onbemeste object heeft wel een lager drogestofgehalte, maar dit is niet betrouwbaar. De interactie N-gift en historie is ook niet betrouwbaar. In 2002 was er sprake van een betrouwbaar effect van de N-bemesting op het drogestofgehalte en in 2003 niet. Daar staat tegenover dat in 2003 de verschillen tussen de histories niet betrouwbaar waren en in 2003 juist weer wel.

3.1.4 Stikstofgehalte in de drogestof

Het stikstofgehalte in de drogestof is weergegeven in de tabellen 7 en 8.

Tabel 7. **Stikstofgehalte in de drogestof van de aardappelen (N in g per 100 gram ds). Oogstjaar 2002.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	0,73	1,01	1,52	1,09
TA-02	1,14	1,41	2,00	1,52
ex-BG02	1,39	1,66	2,05	1,70
Gemiddeld	1,08	1,36	1,86	1,43

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	< 0,001	< 0,001	0,634
Lsd	0,12	0,12	0,21
Lsd *			0,21

Lsd* binnen dezelfde historie

De historie en de N-gift hebben in 2002 een significante invloed op het stikstofgehalte in de drogestof. De interactie is niet significant. Naarmate de N-bemesting hoger is, is het N-gehalte in de drogestof ook betrouwbaar hoger. Het stikstofgehalte in de drogestof is het hoogst bij ex-BG02 en het laagst bij BA.

Tabel 8. **Stikstofgehalte in de drogestof van de aardappelen (N in g per 100 gram ds). Oogstjaar 2003.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	1,05	1,09	1,62	1,25
TA-02	0,96	1,23	1,71	1,30
ex-BG02	1,19	1,36	1,61	1,38
ex-BG03	1,35	1,61	1,83	1,60
Gemiddeld	1,14	1,32	1,69	1,38

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	<0,001	0,002	0,087
Lsd	0,10	0,16	0,22
Lsd*			0,20

Lsd* binnen dezelfde historie

Het stikstofgehalte in de drogestof als gemiddelde van alle objecten komt in 2003 overeen met dat van 2002. De verschillen tussen de histories onderling en de verschillen tussen de N-trappen onderling zijn echter minder groot dan die in 2002.

De historie en de N-gift hebben ook in 2003 een significante invloed op het stikstofgehalte in de drogestof. De interactie is niet significant. Naarmate de N-bemesting hoger is, is het N-gehalte in de drogestof ook betrouwbaar hoger. Het stikstofgehalte in de drogestof bij object ex-BG03 is betrouwbaar hoger dan dat van de drie andere histories.

3.1.5 Drogestofopbrengst

De drogestofopbrengst van de geoogste aardappelen (exclusief het loof en wortelresten) is weergegeven in de tabellen 9 en 10.

Tabel 9. **Drogestofopbrengst aardappel (ton/ha). Oogstjaar 2002.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	6,9	11,0	13,1	10,3
TA-02	13,0	12,9	13,0	13,0
ex-BG02	11,3	12,4	11,3	11,6
Gemiddeld	10,4	12,1	12,4	11,6

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	< 0,001	0,01	< 0,001
Lsd			1,7
Lsd *			1,1

Lsd* binnen dezelfde historie

Bij vergelijking binnen dezelfde historie zijn verschillen groter dan 1,1 ton drogestof per ha significant van elkaar verschillend in 2002. Bij blijvend akkerbouw neemt de opbrengst steeds toe bij toenemende N-gift. Bij tijdelijk akkerbouw en ex-blijvend gras zijn er geen betrouwbare verschillen in drogestofopbrengst van de aardappelen tussen de N-giften.

Tabel 10. **Drogestofopbrengst aardappel (ton/ha). Oogstjaar 2003.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	4,6	9,4	12,4	8,8
TA-02	8,3	10,4	13,4	10,7
ex-BG02	8,7	10,1	10,7	9,8
Ex-BG03	12,5	13,2	12,8	12,8
Gemiddeld	8,5	10,8	12,3	10,5

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	<0,001	<0,001	<0,001
Lsd			1,31
Lsd *			1,25

Lsd* binnen dezelfde historie

De drogestofopbrengst in 2003 blijft achter bij die van 2002. Bij vergelijking binnen dezelfde historie zijn verschillen groter dan 1,25 ton drogestof per ha significant van elkaar verschillend en tussen histories geldt dit voor verschillen groter dan 1,31 ton/ha. Bij blijvend akkerbouw (BA) en bij TA-02 neemt de drogestofopbrengst steeds toe bij toenemende N-gift. Bij ex-BG02 neemt de drogestofopbrengst wel betrouwbaar toe van 0 naar 75 kg N/ha, maar is het opbrengstverschil tussen 75 en 200 kg N/ha niet meer betrouwbaar. Bij exBG03 zijn er geen betrouwbare verschillen in drogestofopbrengst van de aardappelen tussen de N-giften.

3.1.6 Onderwatergewicht

Het onderwatergewicht (owg) van de geogste aardappelen is weergegeven in de tabellen 11 en 12.

Tabel 11. **Onderwatergewicht van de aardappelen (gram per 5 kg aardappelen). Oogstjaar 2002.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	393	376	359	376
TA-02	377	371	348	365
ex-BG02	365	354	358	359
Gemiddeld	378	367	355	367

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	<0,001	0,02	0,030
Lsd			14,9
Lsd *			13,8

Lsd* binnen dezelfde historie

De interactie tussen N-gift en historie is significant. Bij hogere N-gift neemt het onderwatergewicht bij BA en bij TA-02 betrouwbaar af. Bij ex-BG heeft de N-bemesting geen effect op het onderwatergewicht. Het onderwatergewicht van ex-BG02 is betrouwbaar lager van dat van historie BA.

Tabel 12. **Onderwatergewicht van de aardappelen (gram per 5 kg aardappelen). Oogstjaar 2003.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	337	384	376	366
TA-02	378	366	378	374
ex-BG02	361	373	361	365
Ex-BG03	352	361	366	359
Gemiddeld	357	371	370	366

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	0,001	0,46	<0,001
Lsd			22,3
Lsd *			15,1

Lsd* binnen dezelfde historie

Als proefveldgemiddelde komt het onderwatergewicht van de aardappelen in 2003 overeen met dat van 2002. Zowel de beide hoofdeffecten en de interactie tussen beide zijn in 2003 significant. Binnen histories zijn verschillen groter dan 15,1 gram en tussen histories verschillen groter dan 22,3 gram significant. Het onderwatergewicht van het onbemeste object van historie BA is in 2003 het laagst van alle objecten, terwijl deze in 2002 juist het hoogste was. Verhoging van de stikstofbemesting van 75 naar 200 kg N/ha leidt bij TA-02 en ex-BG03 tot een kleine verhoging van het onderwatergewicht en bij BA en ex-BG02 tot een kleine verlaging. Het onderwatergewicht van TA-02 is hoger dan dat van ex-BG03.

3.1.7 Stikstofopname van de geogste aardappelen

De stikstofopname van de geogste aardappelknollen (exclusief loof en wortelresten) is weergegeven in de tabellen 13 en 14.

Tabel 13. **N-opname (N kg/ha) door de geogste aardappelknollen. Oogstjaar 2002.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	51	111	199	120
TA-02	147	183	258	196
ex-BG02	157	205	230	198
Gemiddeld	118	166	229	171

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	0,001	0,001	0,001
Lsd			29,2
Lsd *			22,2

Lsd* binnen dezelfde historie

De interactie tussen de N-gift en de historie is in 2002 significant. De N-opname bij BA is betrouwbaar lager dan die bij TA-02 en ex-BG02. Bij 200 N is de N-opname bij ex-BG02 lager dan die van TA-02. De lagere N-opname bij ex-BG02 bij 200 N wordt veroorzaakt door een onverklaarbare lagere aardappelopbrengst bij deze N-gift.

Met de gegevens uit tabel 13 is het ook mogelijk om de recovery te berekenen. De recovery geeft weer het percentage van de gegeven bemesting dat door de aardappelen is opgenomen

In het traject 0 tot 75 kg N bemesting per ha is de recovery voor BA, TA-02 en ex-BG02 resp. 80 46 en 64 %. In het traject 75 tot 200 kg N bemesting per ha is de recovery voor deze drie histories resp. 70 60 en 20 (%). Verwacht mag worden dat naarmate de aardappelen over meer N kunnen beschikken uit bemesting plus mineralisatie dat de recovery dan lager is. De gegevens worden echter beïnvloed door de onverklaarbaar lagere opbrengst bij het object 200 N bij de historie ex-BG.

Tabel 14. **N-opname door de geogoste aardappelen (N kg/ha). Oogstjaar 2003.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	48	103	200	117
TA-02	79	128	229	145
ex-BG02	103	136	173	138
Ex-BG03	169	212	235	205
Gemiddeld	100	145	209	151

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	<0,001	<0,001	<0,001
Lsd			34,4
Lsd *			27,0

Lsd* binnen dezelfde historie

Gemiddeld over het proefveld is de N-opname in 2003 lager dan die in 2002. Er zijn ook in 2003 betrouwbare verschillen tussen hoofdeffecten en er is sprake van een interactie tussen de beide hoofdeffecten. Binnen de histories zijn verschillen van 27,0 kg N/ha in N-opname significant en tussen histories bij een verschil van 34,4 kg N/ha. Verreweg de hoogste N-opname wordt gevonden bij historie ex-BG03. Het verschil in N-opname bij ex-BG03 tussen de N-trappen 75 en 200 kg N/ha is net niet significant. Bij de overige histories leidt een hogere N-bemesting steeds tot een hogere N-opname door de aardappelknollen. De N-opname van het onbemeste object van BA in 2003 komt overeen met die opname in 2002, ongeveer 50 kg N/ha.

3.1.8 Schurftindex

De mate van aantasting door schurft is in de tabellen 15 en 16 weergegeven in de schurftindex.

Tabel 15. **Schurftindex geogoste aardappelen Oogstjaar 2002.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	12	13	14	13
TA-02	19	22	21	21
ex-BG02	32	33	33	33
Gemiddeld	21	22	23	22

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	0,68	< 0,001	0,98
Lsd	4,0	5,6	6,9
Lsd *			7,5

Lsd* binnen dezelfde historie

Het telen van aardappelen op gescheurd grasland verhoogt de kans op schurftaantasting. Ook in dit onderzoek komt dit naar voren. De historie ex-BG02 heeft een schurftindex van 33, terwijl die van TA-02 21 bedraagt en die van BA 13. De N-bemesting heeft geen invloed op de mate van schurftaantasting.

Tabel 16. **Schurftindex geogste aardappelen. Oogstjaar 2003.**

Historie	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	5	4	3	4
TA-02	7	12	9	9
ex-BG02	16	20	23	20
ex-BG03	27	27	24	26
Gemiddeld	14	16	14	15

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	0,27	<0,001	0,057
Lsd	2,3	8,3	8,9
Lsd *			4,6

Lsd* binnen dezelfde historie

Gemiddeld over het proefveld is de schurftaantasting in 2003 iets minder ernstig dan in 2002. Ook nu komen de verschillen tussen de histories weer duidelijk naar voren. Met name de objecten gescheurd blijvend grasland (ex-BG02 en ex-BG03) hebben een hoge schurftindex. De schurftaantasting op aardappelen op het in 2003 gescheurde grasland is hoger dan die van de aardappelen geteeld op in 2002 gescheurd grasland, maar het verschil is net niet betrouwbaar.

3.2 Bodemstikstof

In de periode van april t/m december 2002 is in totaal 9 maal de hoeveelheid N-NO₃ en N-NH₄ gemeten van onbemeste braakveldjes en van de beteelde objecten zonder kunstmest-N. In tabel 17 zijn de gegevens weergegeven van de hoeveelheid minerale stikstof (N-NO₃ + N-NH₄) in de bodemlaag 0-60 cm. Deze bodemlaag is voor de N-opname door de aardappelen van belang. Van de historie ex-BG02 zijn niet alle gegevens van de bemonsteringen van het braakveldje vermeld; deze gegevens zijn door een verkeerd ingeschatte bemonsteringswijze niet bruikbaar. De monsters zijn in dit object gedurende het groeiseizoen in het dal tussen de aardappelruggen gestoken, waardoor de analyse-uitslagen een onderschatting geven van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodemlaag 0-30 cm.

In tabel 19 en 20 wordt de hoeveelheid N-NO₃ in de bodem na de oogst van de aardappelen weergegeven. Het betreft resp. de hoeveelheid N-NO₃ in de laag 0-60 cm en in de laag 0-90 cm –mv. Opgemerkt moet worden dat bij de bemonstering op 8 oktober 2002 de aardappelruggen weliswaar al geëgaliseerd waren, maar dat zij gedurende het groeiseizoen wel aanwezig waren. Niet uit te sluiten is dat de mineralisatie van grond waarvan ruggen zijn getrokken groter is dan van grond dat onaangeroerd vlak is blijven liggen.

3.2.1 Hoeveelheid minerale bodemstikstof in 2002

In tabel 17 en tabel 18 is van de braakveldjes en van de beteelde, onbemeste veldjes het verloop van de hoeveelheid minerale stikstof weergegeven gedurende het kalenderjaar 2002 voor resp. de laag 0-60 cm en 60-90 cm–mv. In de tabellen 19 en 20 is de hoeveelheid N-NO₃ weergegeven bij de bemonstering op 8 oktober 2002 in resp. de bodemlaag 0-60 cm en de bodemlaag 0-90 cm –mv. De analysegegevens van de bemonstering op de braakvelden op 8 oktober weergegeven in tabel 17 en tabel 18 zijn van een andere bemonsteringsplaats dan de gegevens in tabel 19 en 20.

Tabel 17. **Hoeveelheid N-mineraal (nitraat + ammonium) in de laag 0-60 cm –mv gedurende het seizoen 2002 van braakveldjes en van beteelde, onbemeste veldjes (0 N) van de histories BA, TA-02 en ex-BG02.**

Datum bemonstering	BA		TA-02		Ex-BG02	
	Braak	0 N	Braak	0 N	Braak	0 N
02-apr	15	15	23	23	24	24
06-mei	23	13	53	26	-	32
06-jun	25	23	70	42	-	55
05-jul	32	17	139	30	-	58
05-aug	29	12	150	23	-	61
09-sep	32	15	149	24	-	53
08-okt	30	22	162	56	288	72
05-nov	37	33	119	71	222	96
09-dec	19	21	34	26	85	29

Tot de bepaling op 8 oktober neemt de hoeveelheid Nmin in de bodemlaag 0-60 cm van de histories TA-02 en ex-BG02 toe om vervolgens weer af te nemen. Deze afname wordt niet teruggevonden in de bodemlaag 60-90 cm. Dit is weergegeven in tabel 18.

Tabel 18. **Hoeveelheid N-mineraal in de laag 60-90 cm –mv gedurende het seizoen 2002 van braakveldjes en van beteelde, onbemeste veldjes (0 N) van de histories BA, TA-02 en ex-BG02.**

Datum bemonstering	BA		TA-02		Ex-BG02	
	Braak	0 N	Braak	0 N	Braak	0 N
02-apr	5	5	5	5	4	4
06-mei	6	6	6	6	6	6
06-jun	4	2	4	3	8	18
05-jul	5	5	10	8	10	26
05-aug	7	4	11	6	14	29
09-sep	9	5	32	7	16	24
08-okt	9	5	35	8	24	17
05-nov	17	8	67	10	48	13
09-dec	15	11	83	19	105	22

Tabel 19. **Hoeveelheid N-NO₃ (nitraat) in de laag 0-60 cm op 8 oktober 2002 na de oogst van de aardappelen op braak en beteelde veldjes met drie N-trappen. Oogstjaar 2002.**

Historie	Braak	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	58	14	20	20	28
TA-02	272	45	56	90	116
ex-BG	277	64	77	137	138
Gemiddeld	202	41	51	82	94

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	<0,001	<0,001	<0,001
Lsd			54
Lsd*			49

Lsd* binnen dezelfde historie

Er zijn betrouwbare verschillen in hoeveelheid N-NO₃ in de bodemlaag 0-60 cm tussen de N-trappen en tussen de histories. Uiteraard worden de hoogste waarden gemeten op de braakveldjes, daar hebben geen aardappelen gestaan en was er geen sprake van N-opname. Bij de historie BA is ook bij de hoogste N-trap de hoeveelheid nitraat in de bodem zeer laag. Bij historie ex-BG02 wordt bij de N-bemesting van 200 kg N/ha de hoogste nitraathoeveelheid in de bodem gevonden.

Tabel 20. **Hoeveelheid N-NO₃ (nitraat) in de laag 0-90 cm op 8 oktober 2002 na de oogst van de aardappelen op braak en beteelde veldjes met drie N-trappen. Oogstjaar 2002.**

Historie	Braak	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	70	16	25	24	34
TA-02	304	49	62	102	129
Ex-BG02	297	77	90	153	154
Gemiddeld	224	47	59	93	106

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	< 0,001	<0,001	<0,001
Lsd			59
Lsd*			54

Lsd* binnen dezelfde historie

Getotaliseerd over de drie bodemlagen (0-30, 30-60 en 60-90 cm) verschilt de historie BA significant van de beide histories na grasland. Er bestaat geen significant verschil tussen de historie TA-02 en ex-BG02. Wel is bij ex-BG02 gemiddeld de hoogste hoeveelheid N-NO₃ in de bodemlaag 0-90 cm gevonden. De gegevens in tabel 20 illustreren ook de verhoogde risico's van N-uitspoeling bij de teelt van aardappelen op gescheurd grasland. Bij een bemesting van 200 kg N per ha op blijvend akkerbouw is bij de oogst van de aardappelen slechts 24 kg N-NO₃ in de laag 0-90 cm –mv aanwezig. Bij de andere histories is deze hoeveelheid steeds hoger, zelfs bij het object zonder aanvullende N-bemesting.

Bij de historie TA-02 is er bij de eind oogst op 8 oktober 2002 in de bodemlaag 0-90 cm een verschil van 255 kg N_{min} per ha tussen het braakveldje en het beteelde, onbemeste veldje. Dit verschil is groter dan op basis van N-opname te verwachten was (zie voor N-opname tabel 13). Mogelijk is er sprake van extra mineralisatie op de braakveldjes doordat deze op ruggen waren getrokken en rechtstreekse zonnestraling hierop kon inwerken (dit in tegenstelling tot de begroeide ruggen die door aanwezigheid van het loof minder rechtstreekse zonnestraling ontvingen).

Bij de historie ex-blijvend gras neemt de hoeveelheid N_{min} op de braakveldjes in september sterk toe. Deze door mineralisatie vrijgekomen stikstof kan dan niet meer door de aardappelen benut worden.

Vergelijking van de resultaten van tabel 17 met die van tabel 18 laat zien dat afname van de hoeveelheid N_{min} in het najaar leidt tot hogere waarden in de daaronder liggende laag van 60-90 cm. Vermoedelijk is echter ook al een gedeelte van de stikstof uitgespoeld naar dieptes lager dan 90 cm. Opvallend is dat in de laag 60-90 cm –mv bij ex-BG02 bij het beteelde veldje in de periode juni-september hogere waarden worden gevonden dan bij het braakveldje.

3.2.2 Hoeveelheid minerale bodemstikstof in 2003

In 2003 is gedurende de periode januari t/m december in totaal 11-maal de hoeveelheid N-NO₃ en N-NH₄ gemeten van de onbemeste braakveldjes en van de beteelde objecten zonder kunstmest-N. In tabel 21 zijn de gegevens weergegeven van de hoeveelheid minerale stikstof (N-NO₃ + N-NH₄) in de bodemlaag 0-60 cm en in tabel 22 de gegevens van de laag 60-90 cm –mv.

In de tabellen 23 en 24 wordt de hoeveelheid N-NO₃ in de bodem na de oogst van de aardappelen weergegeven. Het betreft de hoeveelheid N-NO₃ in de laag 0-60 cm en in de laag 0-90 cm –mv.

Tabel 21. **Hoeveelheid N-mineraal in de laag 0-60 cm –mv gedurende het seizoen 2003 van braakveldjes en van beteelde, onbemeste veldjes (0 N) van de histories BA, TA-02, ex-BG02 en ex-BG03.**

Datum bemonstering	BA		TA-02		Ex-BG02		Ex-BG03	
	braak	ON	Braak	ON	braak	ON	Braak	ON
06-jan	13	14	20	18	28	23	-	-
10-feb	16	21	25	23	31	32	-	-
10 mrt	9	9	13	14	15	15	-	-
07-apr	11	15	21	21	22	30	-	-
09-mei	60	31	56	39	51	47	70	86
17-jun	51	23	103	35	166	39	291	80
08-jul	86	25	213	28	247	31	331	41
11-aug	-	-	-	-	-	-	492	60
06-okt	71	38	203	62	248	89	387	92
05-nov	87	40	202	98	233	131	264	115
18-dec	53	36	154	66	287	84	169	93

Tabel 22. **Hoeveelheid N-mineraal in de laag 60-90 cm –mv gedurende het seizoen 2003 van braakveldjes en van beteelde, onbemeste veldjes (0 N) van de histories BA, TA-02, ex-BG02 en ex-BG03.**

Datum bemonstering	BA		TA-02		Ex-BG02		Ex-BG03	
	Braak	ON	Braak	ON	braak	ON	Braak	ON
06-jan	8	7	25	10	40	13	-	-
10-feb	10	8	12	16	20	12	-	-
10 mrt	6	7	6	6	12	8	-	-
07-apr	6	5	5	5	8	7	-	-
09-mei	42	22	13	15	23	17	33	44
17-jun	7	5	13	9	18	9	41	24
08-jul	15	9	20	6	19	9	35	25
11-aug	-	-	-	-	-	-	73	33
06-okt	5	4	8	5	8	6	18	14
05-nov	6	2	12	9	15	9	23	11
18-dec	16	5	43	12	42	14	54	28

Tabel 23. **Hoeveelheid N-NO₃ in kg N/ha in de laag 0-60 cm –mv bij de bemonstering op 8 november 2003 na de oogst van de aardappelen op braak en beteelde veldjes met drie N-trappen in 2003.**

	braak	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	76	35	48	67	56
TA	191	90	71	116	117
ex-BG02	218	123	106	108	139
Ex-BG03	254	100	86	156	149
Gemiddeld	185	87	78	112	115

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	<0,001	<0,001	<0,001
Lsd			35
Lsd*			35

Lsd* binnen dezelfde historie

Getotaliseerd over de drie bodemlagen verschilt de hoeveelheid N-NO₃ bij historie BA significant van die van de drie andere histories. Bij ex-BG02 en ex-BG03 wordt bij de eindoogst de hoogste hoeveelheid N-NO₃ in de bodemlaag 0-90 cm gevonden. De gegevens in tabel 24 illustreren de verhoogde risico's van N-uitspoeling bij de teelt van aardappelen op gescheurd grasland. Bij een bemesting van 200 kg N per ha op blijvend akkerbouw is bij de oogst van de aardappelen slechts 73 kg N-NO₃ in de laag 0-90 cm –mv aanwezig. Bij de andere histories is deze hoeveelheid steeds hoger, zelfs bij het object zonder aanvullende

N-bemesting.

Tabel 24. **Hoeveelheid N-NO₃ in kg N/ha in de laag 0-90 cm –mv bij de bemonstering op 8 november 2003 na de oogst van de aardappelen op braak en betaalde veldjes met drie N-trappen in 2003.**

	braak	0 N	75 N	200 N	Gemiddeld
BA	80	36	53	73	60
TA	203	96	75	122	124
ex-BG02	233	129	112	113	147
Ex-BG03	274	107	93	165	160
Gemiddeld	197	92	83	118	123

Wiskundige analyse

	N-gift	Historie	N-gift · historie
F pr.	< 0,001	<0,001	<0,001
Lsd			36
Lsd*			36

Lsd* binen dezelfde historie

4 Stikstoflevering uit gescheurd grasland

Onder stikstoflevering wordt de netto mineralisatie verstaan, dat wil zeggen de toename van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem gedurende het groeiseizoen. Deze toename is de resultante van de bruto mineralisatie, atmosferische depositie, en biologische fixatie door microorganismen, verminderd met immobilisatie, vastlegging en vervluchtiging, uitspoeling en denitrificatie. Deze is dan gemeten in de laag 0-60 cm –mv op de braakveldjes. In het najaar neemt de hoeveelheid N_{min} op de braakveldjes door uitspoeling, denitrificatie en/of vastlegging echter weer af. De hoogste waarde, die in de zomer/herfst gemeten wordt, is daarom waarschijnlijk de beste schatter. Deze moet vervolgens gecorrigeerd worden met de hoeveelheid N_{min} die in het voorjaar al aanwezig is. Helemaal zuiver is deze inschatting niet, omdat voorbij gegaan wordt aan een mogelijke interactie met het gewas. Er zijn aanwijzingen dat de netto mineralisatie op de braakveldjes een overschatting geeft van de netto mineralisatie op begroeide veldjes. De vergelijking van de aldus gemeten netto mineralisatie op de graslandhistories met die van historie blijvend akkerbouw geeft de extra mineralisatie weer uit het gescheurde grasland.

4.1 Stikstoflevering in 2002

Om een schatting van de netto mineralisatie te maken, kan gebruik worden gemaakt van de gegevens uit tabel 17 en die van tabel 20. Uit tabel 17 blijkt dat in 2002 de hoeveelheid N_{min} in de laag 0-60 cm op het braakveldje van april tot oktober bij BA toenam met 15 kg N/ha, bij TA-02 met 139 kg N/ha en bij ex-BG02 met 264 kg N/ha. De waarnemingen bij de histories BA en TA-02 hebben betrekking op vlak land dat niet op ruggen was getrokken en die van ex-BG02 van land dat gedurende het groeiseizoen op ruggen heeft gelegen. De toename van de hoeveelheid N_{min} bij historie ex-BG02 geeft daarom vermoedelijk een overschatting van de netto mineralisatie. Bij de intensieve proefveldbemonstering van 8 oktober (tabel 20) wordt in de bodemlaag 0-60 cm –mv voor de histories BA, TA-02 en ex-BG02 een hoeveelheid N-NO₃ gevonden van resp. 58, 272 en 277 kg N/ha. Bij deze bemonstering is geen verschil gevonden in de hoeveelheid N_{min} tussen de beide graslandhistories. De gegevens van alle drie de histories zijn verkregen van veldjes waarvan de grond op ruggen was getrokken. Wanneer deze waarden worden gecorrigeerd met de N_{min}-gegevens van april (tabel 17) dan is de berekende netto mineralisatie in 2002 van BA, TA-02 en ex-BG02 resp. 43, 249 en 253 kg N/ha. De extra mineralisatie uit gescheurd grasland is dan 206 kg N/ha voor driejarig grasland en 210 kg N/ha voor 35-jarig grasland.

4.2 Stikstoflevering in 2003

In 2003 kon vanwege de droge grond op 11 augustus alleen de historie ex-BG03 bemonsterd worden. In tabel 21 is te zien dat op deze datum bij deze historie het hoogste N_{min}-gehalte gemeten is. Bij de bemonstering op 5 november is de hoeveelheid N_{min} al afgenomen van 492 naar 264 kg N/ha. Deze gegevens geven aan dat de gegevens van de intensieve bemonstering van het proefveld op 5 november niet bruikbaar zijn voor het schatten van de netto mineralisatie. De gegevens van de bemonstering van 6 oktober (tabel 21) lijken daarom de beste schatter voor de netto mineralisatie. De toename van de hoeveelheid N_{min} van april tot oktober op de braakveldjes van de histories BA, TA-02, ex-BG02 en ex-BG03 is resp. 60, 182, 226 en 367 kg N/ha. Omdat voor de historie ex-BG03 het N_{min}-gehalte in april niet gemeten is, is hiervoor een waarde van 20 kg N/ha aangehouden. De extra mineralisatie uit gescheurd grasland is dan het tweede jaar na scheuren van historie TA-02 122 kg N/ha, het tweede jaar na scheuren van 35-jarig grasland 166 kg N/ha en het eerste jaar na scheuren van 36-jarig grasland 307 kg N/ha.

4.2.1 Schatting extra netto stikstofmineralisatie in 2002 en 2003

Op basis van de gegevens, zoals die in paragraaf 4.1 en 4.2 zijn verwoord, is de extra netto mineralisatie t.o.v. blijvend akkerland het eerste jaar na scheuren van de historie ex-BG in 2002 en 2003 resp. 210 en 307 kg N/ha en die van driejarig grasland in 2002 206 kg N/ha. De extra mineralisatie het tweede jaar na

scheuren van de historie ex-BG is in 2003 166 kg N en van historie TA-02 122 kg N/ha. Dit is ook weergegeven in tabel 25.

In 2003 was de netto stikstofmineralisatie hoger dan in 2002.

Tabel 25. **Extra netto mineralisatie in kg N/ha op gescheurd grasland t.o.v. de netto mineralisatie op blijvend akkerbouwland in eerste en tweede jaar na scheuren.**

Jaar na scheuren	TA	Ex-BG02	Ex-BG03
Eerste	206	210	307
Tweede	122	166	-

5 Stikstofbenutting door het volggewas aardappelen

Op drie manieren is de benutting van de gemineraliseerde stikstof uit het gescheurde grasland gekarakteriseerd:

1. Met de Mitscherlich responscurve van het versgewicht knollen totaal, de knolopbrengst > 40 mm, en de drogestof opbrengst op de kustmestgift werd de door de bodem geleverde hoeveelheid stikstof geschat per historie
2. De N-opname per historie bij geen bemesting met kunstmest gaf een indicatie van de bodemvoorraad.
3. De N-gift op blijvend akkerbouw bij het onbemest opbrengstniveau na gescheurd grasland. Berekend wordt welke N-gift op historie BA nodig is om dezelfde opbrengst te behalen als die van het onbemeste object van gescheurd grasland (kunstmest-N vervangende waarde).

5.1 N-benutting gebaseerd op opbrengstresponscurves

Er is een analyse uitgevoerd om de N-benutting van de gemineraliseerde stikstof uit de bodem te berekenen. De analyse is uitgevoerd met behulp van de responscurves van totaal opbrengst versgewicht van de knollen, de opbrengst aan knollen > 40 mm (marktbaar opbrengst), de drogestofopbrengst van de knollen. Bij het opstellen van de responscurves is gebruik gemaakt van de drie stikstoftrappen per historie. Het verschil in de hoeveelheid benutte bodemstikstof tussen gescheurd grasland en blijvend akkerbouw is afkomstig van de gescheurde graszode.

De aardappelopbrengst als functie van de N-gift is per historie met een Mitscherlich-curve beschreven, zoals dit ook beschreven is door Mead and Curnov, 1983; Neetson, 1989; Johnston et al., 1994; Neetson (zie literatuurverwijzing in bijlage 3).

$$\mu_{\text{opbrengst}} = \alpha_h \left(1 - \rho^{N\text{-gift} + BV_h} \right) \quad (1)$$

$\mu_{\text{opbrengst}}$ = voorspelde opbrengst

α = maximale opbrengst

ρ = parameter die bepaalt hoe snel μ naar maximum α gaat ($0 < \rho < 1$).

h = index voor historie; $h = \text{BA, TA, ex-BG02 en ex-BG03}$

BV_h = schatting werkzame stikstoflevering bodem voor historie h uitgedrukt in *kunstmeststikstof*.

De maximale opbrengst bij hoge N-voorziening α wordt in (1) geschat per historie. Ook de werkzame stikstoflevering door de bodem wordt geschat per historie. Een geschatte werkzame stikstoflevering van de bodem 100 kg N/ha wil niet zeggen dat 100 kg is geleverd door de bodem, maar dat er een hoeveelheid is geleverd in werking gelijk aan 100 kg N uit kunstmest.

De parameter ρ geeft aan hoe snel de voorspelde opbrengst in waarde naar α gaat. Hoe dichter de schatting van ρ bij 1 ligt, des te langzamer gaat de curve naar de asymptoot α . De parameter ρ wordt voor opbrengstreactie op basis van bruto opbrengst, marktbaar opbrengst en drogestofopbrengst in 2002 geschat op resp. 0.98899; 0.99028 en 0.98753. In 2003 is de schatting voor de parameter ρ resp. . 0.99296; 0.99489 en 0.99200.

De berekende responscurves voor de drie histories in 2002 en de vier histories in 2003 zijn ook weergegeven in figuur 3 en 4 in bijlage 2. Omdat het object ex-BG03 in 2003 bij geen kunstmesttoediening vrijwel dezelfde opbrengst realiseerde als bij een kunstmestgift van 200 kg N, is dit object niet meegenomen bij aanpassen van (1) aan de data. Bij TA-02 in 2002 was de drogestofopbrengst bij 0 N ook zodanig hoog dat de werkzame stikstoflevering door de bodem niet geschat kon worden.

5.1.1 Oogstjaar 2002

Belangrijke kengetallen in de responscurve zijn de schatting van de hoeveelheid benutte bodemstikstof, de opbrengst van het niet met stikstof bemeste object en de opbrengst bij onbeperkte stikstofvoorziening. In tabel 26 is dit weergegeven voor de totaal opbrengst versgewicht, in tabel 27 voor de opbrengst > 40 mm en in tabel 28 voor de drogestofopbrengst. De berekende maximale opbrengst verschilt per historie. Als gevolg van de sterke stikstofrespons wordt voor de historie BA een hogere maximale opbrengst berekend dan voor de beide andere histories. Dit gegeven moet met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden, omdat het resultaat door extrapolatie verkregen is.

Zonder N-bemesting blijft de opbrengst van de historie BA sterk achter op die van de beide histories gescheurd grasland. Dit is terug te vinden in de berekende stikstoflevering van de bodem.

Voor historie BA is de levering van werkzame stikstof op basis van totaal opbrengst versgewicht, opbrengst > 40 mm en drogestofopbrengst resp. 52, 41 en 56 kg/ha. Voor de historie TA-02 is dit 205 en 190 kg N/ha voor totaal opbrengst en de opbrengst > 40 mm. Op basis van drogestofopbrengst is geen berekening te maken vanwege het ontbreken van een reactie op de N-bemesting. Voor de historie ex-BG02 is de levering aan werkzame stikstof resp. 257, 302 en 306 kg/ha.

Tabel 26. **Werkzame stikstoflevering bodem (kg N/ha) en opbrengst totaal vers (ton/ha) bij 0 en oneindige hoge N-bemesting in 2002.**

Historie	Werkzame stikstoflevering bodem (kg N/ha)	Opbrengst totaal vers (ton/ha) bij N-bemesting 0 kg N/ha	Opbrengst totaal vers (ton/ha) bij oneindig hoge N-bemesting (kg N/ha)
BA	52	30,8	70,4
TA-02	205	59,0	62,8
ex-BG02	257	54,5	57,9

Tabel 27. **Werkzame stikstoflevering bodem (kg N/ha) en marktbaar opbrengst (>40 mm) bij oneindig hoge N-bemesting in 2002.**

Historie	Werkzame stikstoflevering bodem (kg N/ha)	Marktbaar opbrengst in ton/ha bij bemesting 0 kg N/ha	Marktbaar opbrengst in ton/ha bij oneindig hoge N-bemesting (kg N/ha)
BA	41	20,2	61,5
TA-02	190	49,4	58,6
Ex-BG02	302	45,6	48,1

Tabel 28. **Werkzame stikstoflevering bodem (kg N/ha) en drogestofopbrengst bij oneindig hoge N-bemesting in 2002.**

Historie	Werkzame stikstoflevering bodem (kg N/ha)	Opbrengst drogestof (ton/ha) bij bemesting 0 kg N/ha	Opbrengst drogestof (ton/ha) bij oneindig hoge N-bemesting.
BA	56	6,9	13,6
TA-02	*	13,0	13,0
Ex-BG02	306	11,5	11,8

* De analyse van historie TA-02 is niet mogelijk vanwege het ontbreken van een reactie op de N-bemesting.

5.1.2 Oogstjaar 2003

Belangrijke kengetallen in de responscurve zijn de schatting van de hoeveelheid benutte bodemstikstof, de opbrengst van het niet met stikstof bemeste object en de opbrengst bij onbeperkte stikstofvoorziening. In tabel 29 is dit weergegeven voor de totaal opbrengst versgewicht, in tabel 30 voor de opbrengst > 40 mm en in tabel 31 voor de drogestofopbrengst. De analyse op basis van drogestofopbrengst is vanwege het ontbreken van een reactie op de N-bemesting bij de historie ex-BG03 voor deze historie niet mogelijk.

Voor historie BA is de levering van werkzame stikstof op basis van totaal opbrengst versgewicht, opbrengst > 40 mm en drogestofopbrengst resp. 58, 38 en 49 kg/ha. Voor de historie TA-02 is dit resp. 110, 93 en 102 kg/ha en voor de historie ex-BG02 resp. 206, 192 en 188 kg/ha.

Vanwege de sterke stikstofreactie bij de historie BA wordt de opbrengst bij onbeperkte stikstofvoorziening bij deze historie hoger ingeschat dan van de andere histories. Dit gegeven moet met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden, omdat het resultaat door extrapolatie verkregen is.

Tabel 29. **Beschrijving stikstofresponscurve op basis van totaal opbrengst versgewicht. Oogst 2003.**

Historie	Werkzame stikstoflevering bodem Kg N/ha	Opbrengst totaal vers in ton/ha bij N-bemesting 0 kg N/ha	Opbrengst totaal vers in ton/ha bij N-bemesting is oneindig hoog
BA	58	23,1	68,3
TA-02	110	35,4	65,4
Ex-BG02	206	38,4	50,1
Ex-BG03*	-	-	-

* De analyse van historie ex-BG03 is niet mogelijk vanwege het ontbreken van een reactie op de N-bemesting.

Tabel 30. **Beschrijving stikstofresponscurve op basis van marktbaar opbrengst. Oogst 2003.**

Historie	Werkzame stikstoflevering bodem Kg N/ha	Marktbaar opbrengst in ton/ha bemesting 0 kg N/ha	Marktbaar opbrengst in ton/ha bij N-bemesting is oneindig hoog
BA	38	11,1	62,6
TA-02	93	21,9	57,8
Ex-BG02	192	25,3	40,4
Ex-BG03*	-	-	-

* De analyse van historie ex-BG03 is niet mogelijk vanwege het ontbreken van een reactie op de N-bemesting.

Tabel 31. **Beschrijving stikstofresponscurve op basis van drogestofopbrengst. Oogst 2003.**

Historie	Werkzame stikstoflevering bodem Kg N/ha	Opbrengst drogestof in ton/ha bij N-bemesting 0 kg N/ha	Opbrengst drogestof in ton/ha bij N-bemesting is oneindig hoog
BA	49	4,7	14,5
TA	102	8,1	14,4
Ex-BG02	188	8,8	11,3
Ex-BG03*	-	-	-

* De analyse van historie ex-BG03 is niet mogelijk vanwege het ontbreken van een reactie op de N-bemesting.

5.1.3 Invloed historie op opbrengstniveau bij onbeperkte N-voorziening

Zowel in 2002 als in 2003 verschillen de histories van elkaar in berekende opbrengst bij onbeperkte N-voorziening. Dit resultaat moet met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Het opbrengstniveau van de historie BA is verkregen door extrapolatie. Vanwege de sterke reactie op de N-bemesting bij deze historie bestaat het gevaar dat de berekende maximale opbrengst overschat wordt. De opbrengsten van de historie ex-BG worden zowel in 2002 als in 2003 vermoedelijk onderschat, vanwege sneller afsterven van de aardappelen. Vooral in 2003 was dit het geval met de aardappelen, waar ook in 2002 al aardappelen hadden gestaan (ex-BG02, TA-02 en BA). Vroeger afsterven van BA dan ex-BG03 is vermoedelijk omdat N de limiterende factor wordt. Voor TA-02 kan het misschien ook toegeschreven worden aan een mogelijke aantasting door *Verticillium dahliae*. Deze bodemschimmel heeft zich mogelijk in het gras-klavermengsel van het blijvende grasland opgebouwd en heeft zich vermeerderd in 2002 in de teelt van de aardappelen. De gedachten gaan uit naar de schimmel *Verticillium dahliae*, maar hiernaar is geen verder onderzoek uitgevoerd. Door het vroegtijdig afsterven zijn de objecten met een ruimere N-voorziening benadeeld en wordt het opbrengstniveau bij onbeperkte N-voorziening onderschat.

5.2 N-benutting gebaseerd op N-opnameresponscurve

Voor de responscurve van de N-opname door de geogste aardappelknollen is een regressie gemodelleerd als functie van de N-gift per historie. Er is gekozen voor het model

$$\mu_{opname} = o + \beta Ngift \quad (2)$$

- μ_{opname} = voorspelde N-opname
 o = N-opname bij geen kunstmestgift
 β = stijging N-opname (kg N/ha) bij toename N-gift met 1 kg N/ha

De N-opnameresponscurves zijn ook weergegeven in grafiek 1 in bijlage 2.

5.2.1 Oogstjaar 2002

In tabel 32 worden de parameterschattingen weergegeven, verkregen door model (2) aan te passen aan N-opnamegegevens. In deze tabel is ook de standaardfout vermeld.

In tabel 33 worden de belangrijkste kengetallen uit deze analyse vermeld.

De N-opname bij geen kunstmest gift was bij BA lager dan bij TA en ex-BG ($P < 0.05$). Bij ex-BG was de stijging van de N-opname per kg N kunstmest lager dan bij BA en TA. De waarde β geeft de recovery weer van de kunstmest-N.

Tabel 32. **Parameterschattingen van N-opnameresponscurve 2002.**

Parameter	Schatting	Standaardfout
o_{BA}	52.4	8.6
o_{TA02}	144.5	8.6
$o_{ex-BG02}$	165.4	8.6
β_{BA}	0.7392	0.0694
β_{TA02}	0.5598	0.0694
$\beta_{ex-BG02}$	0.3507	0.0694

De schattingen van beta stemmen goed overeen met het N recovery % afgeleid uit tabel 13 voor het traject 0-200N .

De resultaten van de analyse zijn weergegeven in tabel 33. Op basis van de stikstofopnameresponscurve wordt de levering aan werkzame stikstof voor de histories BA, TA-02 en ex-BG02 berekend op resp. 71, 258 en 472 kg N/ha. Wanneer de N-opname van het niet met stikstof bemeste object als uitgangspunt wordt genomen dan is de levering aan werkzame stikstof voor de histories BA, TA-02 en ex-BG02 resp. 52, 145 en 165 kg N/ha. De twee berekeningswijzen leiden bij de histories TA-02 en ex-BG02 tot grote verschillen in berekende werkzame hoeveelheid stikstof. Dit wordt o.a. veroorzaakt door het hogere stikstofgehalte in de aardappelen geteeld op gescheurd grasland.

Tabel 33. **Beschrijving stikstofresponscurve op basis van N-opname door de aardappelen. Oogst 2002.**

Historie	Werkzame stikstoflevering bodem in kg N/ha	N-opname bij N-bemesting 0 kg N/ha in kg N/ha
BA	71	52
TA-02	258	145
Ex-BG02	472	165

5.2.2 Oogstjaar 2003

In tabel 34 worden de parameterschattingen weergegeven, verkregen door model (2) aan te passen aan N-opnamegegevens. In deze tabel is ook de standaardfout vermeld. In tabel 35 worden de belangrijkste kengetallen uit deze analyse vermeld.

Tabel 34. **Parameterschattingen van N-opnameresponscurve 2003.**

Parameter	Schatting	Standaardfout
α_{BA}	47.0	8.5
α_{TA02}	75.9	8.5
$\alpha_{ex-BG02}$	106.0	8.5
$\alpha_{ex-BG03}$	176.4	8.5
β_{BA}	0.7618	0.0692
β_{TA02}	0.7567	0.0692
$\beta_{ex-BG02}$	0.3440	0.0692
$\beta_{ex-BG03}$	0.3153	0.0692

De schatting van beta stemt goed overeen met de recovery van stikstof afgeleid van tabel 14. De resultaten van de analyse zijn weergegeven in tabel 35. Op basis van de stikstofopnameresponscurve wordt de levering aan werkzame stikstof voor de histories BA, TA-02, ex-BG02 en ex-BG03 berekend op resp. 62, 100, 308 en 560 kg N/ha. Wanneer de N-opname van het niet met stikstof bemeste object als uitgangspunt wordt genomen dan is de levering aan werkzame stikstof voor de histories BA, TA-02, ex-BG02 en ex-BG03 resp. 47, 76, 106 en 176 kg N/ha. De twee berekeningswijzen leiden bij de histories TA-02, ex-BG02 en ex-BG03 tot grote verschillen in berekende werkzame hoeveelheid stikstof. Ook in 2002 was dit het geval. Dit wordt o.a. veroorzaakt door het hogere stikstofgehalte in de aardappelen geteeld op gescheurd grasland.

Tabel 35. **Beschrijving stikstofresponscurve op basis van stikstofopname door de aardappelen. Oogst 2003.**

Historie	Werkzame stikstoflevering bodem in kg N/ha	N-opname bij N-bemesting 0 kg N/ha in kg N/ha
BA	62	47
TA-02	100	76
ex-BG02	308	106
ex-BG03	560	176

5.3 N-gift blijvend akkerbouw en opbrengstniveau na gras

Een derde benadering om de benutting te berekenen van de door mineralisatie vrijgekomen stikstof is te kijken naar hoeveel stikstofbemesting (in kg N/ha) op de historie blijvende akkerbouw die nodig is om tot dezelfde opbrengst te komen als die van het onbemeste object van het gescheurde grasland. Deze benadering gaat er van uit dat opbrengstverschillen volledig door stikstof bepaald worden en dat er geen sprake is van een resteffect op de opbrengst.

5.3.1 Oogstjaar 2002

Tabel 36. **Noodzakelijke gift kunstmeststikstof op historie BA om dezelfde opbrengst (totaal versgewicht, opbrengst > 40 mm en drogestofopbrengst) en dezelfde N-opname te halen als bij onbemest gescheurd grasland. Oogst 2002.**

	TA-2002	Ex-BG02
Opbrengst totaal vers gewicht	113	83
Marktbaar opbrengst > 40 mm	126	98
Opbrengst totaal drogestof	190	93
N-opname	125	153

5.3.2 Oogstjaar 2003

Tabel 37. **Noodzakelijke gift kunstmeststikstof op historie BA om dezelfde opbrengst (totaal versgewicht, opbrengst > 40 mm en drogestofopbrengst) te komen en dezelfde N-opname te halen als bij onbemest gescheurd grasland. Oogst 2003.**

	TA-02	Ex-BG02	Ex-BG03*
Opbrengst totaal vers gewicht	45	59	-
Marktbaar opbrengst > 40 mm	46	63	-
Opbrengst totaal drogestof	51	66	-
N-opname	38	78	-

* De analyse van historie ex-BG03 is niet mogelijk vanwege het ontbreken van een reactie op de N-bemesting.

6 Conclusies

6.1 Stikstoflevering en stikstofbenutting

Een belangrijke onderzoeksvraag is hoeveel stikstof er vrijkomt bij het scheuren van 3-jarig en 35-jarig grasland en hoeveel daarvan door een gewas aardappelen benut kan worden. Ook is informatie gewenst over de stikstoflevering en stikstofbenutting in het tweede jaar na scheuren van het grasland.

In hoofdstuk 4 is op basis van het Nmin-verloop van de braakveldjes een schatting gemaakt van de netto stikstofmineralisatie (stikstoflevering). Voor het schatten van de stikstoflevering is de N-dynamiek op de onbemeste, onbeteelde braakveldjes de enige parameter. Deze is voor 2002 weergegeven in tabel 38 voor 2003 in tabel 39.

In hoofdstuk 5 zijn analyses uitgevoerd naar de stikstofbenutting van de aardappelen. Bij stikstofbenutting wordt het resultaat uitgedrukt in werkzame hoeveelheid stikstof (= kunstmeststikstof). Om de stikstofbenutting te schatten, kunnen we gebruik maken van verschillende parameters. In tabel 38 zijn de verschillende schatters van N-benutting bijeengebracht voor de proef in 2002 en in tabel 39 voor die van 2003. De resultaten zijn niet altijd eensluidend. Een analyse gebaseerd op totaal opbrengst versgewicht, opbrengst > 40 mm en drogestofopbrengst leidt tot verschillende inschattingen en wijkt ook af van de schatting op basis van de N-opname door het aardappelgewas. Wat de N-opname betreft is er weer een verschil tussen de analyse gebaseerd op de N-opname door het niet met stikstof bemeste object en de analyse gebaseerd op de responscurve. Hoewel arbitrair is verondersteld dat het gemiddelde van alle schatters de beste schatting geeft van de N-benutting.

Wanneer verondersteld wordt dat er geen opbrengstverschillen tussen de histories bestaan bij onbeperkte stikstofvoorziening dan geeft de benodigde stikstofbemesting aan de historie blijvende akkerbouw om tot dezelfde opbrengst te komen als van het niet met stikstof bemeste object van gescheurd grasland ook een schatting van de extra levering van werkzame stikstof uit het gescheurde grasland. Ook dit is weergegeven in tabel 38 en 39.

De samengevatte resultaten van de schattingen van de stikstoflevering en stikstofbenutting zijn weergegeven in tabel 40. De stikstoflevering van historie BA op de braakveldjes is gemiddeld voor beide jaren 50 kg N/ha. Deze stikstof wordt door de aardappelen voor 100 % benut. In tabel 40 is de extra levering van totaal stikstof en van werkzame stikstof uit de gescheurde graszode weergegeven ten opzichte van de situatie van blijvend akkerbouw.

Geconcludeerd kan worden dat de extra levering aan werkzame stikstof door het gescheurde grasland iets hoger is geweest dan waarvan in de Adviesbasis Bemesting wordt uitgegaan. Bij scheuren van grasland van 3 jaar of ouder wordt een levering van werkzame stikstof genoemd van 100 kg N per ha in het eerste jaar na scheuren en 30 kg N/ha in het tweede jaar.

Tabel 38. **Oogstjaar 2002. Overzicht van de resultaten van de verschillende berekeningswijzen naar de N-levering en N-benutting bij de drie histories blijvend akkerbouw, tijdelijk akkerbouw en ex-blijvend gras in kg N per ha.**

	Verwijzing naar tabelnr.	BA	TA-02	Ex-BG02
N-levering braakveldjes	25 (par.4.1)	43	249	253
Levering werkzame-N op basis van:				
- totaal opbrengst versgewicht	26	52	205	257
- opbrengst > 40 mm	27	41	190	302
- drogestofopbrengst	28	56	*	306
Levering werkzame-N op basis van:				
- N-opname (responscurve)	33	71	258	472
- N-opname onbemeste object	33	52	145	165
Benodigde gift kunstmest-N op BA voor het behalen van hetzelfde opbrengstniveau van niet met stikstof bemest gescheurd grasland (kunstmest-N vervangende waarde)				
- totaal opbrengst; zonder N-bemesting	36	nvt	113	83
- opbrengst > 40 mm; zonder N-bemesting	36	nvt	126	98
- drogestofopbrengst; zonder N-bemesting	36	nvt	190	93

* De analyse van historie TA-02 is niet mogelijk vanwege het ontbreken van een reactie op de N-bemesting.

Tabel 39. **Oogstjaar 2003. Overzicht van de resultaten van de verschillende berekeningswijzen naar de N-levering en N-benutting bij de drie histories blijvend akkerbouw, tijdelijk akkerbouw en ex-blijvend gras in kg N per ha.**

	Verwijzing naar tabelnr.	BA	TA-02	Ex-BG02	Ex-BG03
N-levering braakveldjes	25 (par. 4.2)	60	182	226	367*
Levering werkzame-N op basis van:					
- totaal opbrengst versgewicht	29	58	110	206	**
- opbrengst > 40 mm	30	38	93	192	**
- drogestofopbrengst	31	49	102	188	**
Levering werkzame-N op basis van:					
- N-opname (responscurve)	35	62	100	308	560
- N-opname onbemeste object	35	47	76	106	176
Benodigde gift kunstmest-N op BA voor het behalen van hetzelfde opbrengstniveau van niet met stikstof bemest gescheurd grasland (kunstmest-N vervangende waarde)					
- totaal opbrengst; zonder N-bemesting	37	Nvt	45	59	**
- opbrengst > 40 mm; zonder N-bemesting	37	Nvt	46	63	**
- drogestofopbrengst; zonder N-bemesting	37	Nvt	51	66	**

* De hoeveelheid N-NO₃ in april 2003 is op 20 kg/ha gesteld.

** De analyse van historie ex-BG03 is niet mogelijk vanwege het ontbreken van een reactie op de N-bemesting.

Tabel 40. **Globale indicatie van de extra stikstoflevering en stikstofbenutting bij teelt van aardappelen op gescheurd grasland t.o.v. blijvend akkerland. Stikstof in kg N/ha.**

	TA-02	Ex-BG02	Ex-BG03
Extra levering Nmineraal in eerste jaar na scheuren	200	200	310
Extra levering Nmineraal in tweede jaar na scheuren	130	175	
Extra levering werkzame stikstof op basis van responscurves in eerste jaar na scheuren	150	150	nb
Extra levering werkzame stikstof op basis van responscurves in tweede jaar na scheuren	45	150	X**
Benodigde gift kunstmest-N aan BA voor het behalen van opbrengstniveau niet met stikstof bemest gescheurd grasland in eerste jaar na scheuren	145	90	nb
Benodigde gift kunstmest-N aan BA voor het behalen van opbrengstniveau niet met stikstof bemest gescheurd grasland in tweede jaar na scheuren	45	Nb*	X**

* nb; de waarde kan niet worden berekend

** X; Van het in 2003 gescheurde grasland kan alleen de eerstejaars N-levering en N-benutting worden weergegeven.

6.2 Opbrengst en kwaliteit

Het telen van aardappelen op gescheurd grasland beïnvloedt de opbrengst en de kwaliteit van de aardappelen. Vanwege de invloed van de extra stikstoflevering uit het gescheurde grasland kunnen de histories niet bij dezelfde N-gift met elkaar vergeleken worden en ook het gemiddelde resultaat van de drie N-trappen geeft geen goed beeld. Om toch een vergelijking te kunnen maken, zijn de resultaten van het object met een N-bemesting van 200 kg N/ha van de historie BA vergeleken met die van een N-bemesting van 75 kg N/ha van de histories gescheurd grasland.

De samenvattende resultaten zijn weergegeven in tabel 41. In 2002 zijn de resultaten van de bemestingstrappen 75 en 200 kg N/ha van de histories TA-02 en ex-BG02 daarbij gemiddeld. De resultaten van de bemestingstrap met 75 kg N/ha laten een wat onregelmatig patroon zien en dit wordt op deze wijze wat opgevangen.

Tegen de verwachting in blijft de opbrengst totaal versgewicht op de beide histories gescheurd grasland duidelijk achter bij die van blijvende akkerbouw. Ook in het tweede jaar na scheuren is dit het geval. De aardappelen op BA, TA-02 en ex-BG02 stierven ook vroeger af dan op ex-BG03. Vermoed wordt dat een bodemgebonden schimmel die ook voor aardappel schadelijk is zich in de gras-klavermengsel van het grasland in stand heeft gehouden. De klaver in het grasland zou dan wel eens de boosdoener geweest kunnen zijn. Dit effect wordt ook zichtbaar in de opbrengst aan sortering > 40 mm. Bij het in 2003 vers gescheurde grasland, historie ex-BG03 speelde deze aantasting niet of in ieder geval minder. Door op de andere histories in 2003 voor het tweede achtereenvolgende jaar aardappelen te telen, is het effect van de 'ziekteverwekker' versterkt.

Behalve een teleurstellende opbrengst op gescheurd grasland waren de aardappelen ook meer aangetast door de graslandschurft; op het 35-jarig grasland in sterkere mate dan op het 3-jarig grasland. In 2003 was de schurftaantasting lager dan in 2002.

Het drogestofgehalte van de aardappelen op gescheurd grasland was iets hoger dan die van blijvende akkerbouw. In 2003 was dit verschil iets groter dan in 2002. Het onderwatergewicht was echter gelijk of juist iets lager. Het is niet duidelijk waarom drogestofgehalte en onderwatergewicht zich verschillend gedragen. Bij het stikstofgehalte in de drogestof is er sprake van een duidelijke jaarsinvloed. In 2002 hadden de aardappelen van de historie blijvende akkerbouw een lager stikstofgehalte en in 2003 juist een hoger stikstofgehalte.

Tabel 41. **Samenvattende resultaten van de invloed van teelt van aardappelen op gescheurd grasland op opbrengst en kwaliteit van de aardappelen.**

	BA**	TA-02*	Ex BG02*	Ex-BG03***
Totaal opbrengst versgewicht in ton/ha in 2002	66	63	58	Nvt
Totaal opbrengst versgewicht in ton/ha in 2003	57	46	44	57
Opbrengst > 40 mm in ton/ha in 2002	55	55	48	Nvt
Opbrengst > 40 mm in ton/ha in 2003	43	31	30	43
Onderwatergewicht in gram/5kg in 2002	359	360	356	Nvt
Onderwatergewicht in gram/5kg in 2003	376	366	373	361
Drogestofgehalte in % versgewicht in 2002	19,8	20,4	20,4	Nvt
Drogestofgehalte in % versgewicht in 2003	21,9	22,8	22,9	23,2
Stikstofgehalte in % van de drogestof in 2002	1,5	1,7	1,9	Nvt
Stikstofgehalte in % van de drogestof in 2003	1,6	1,2	1,4	1,6
Schurftaantasing. Schurftindex in 2002	13	21	33	Nvt
Schurftaantasing. Schurftindex in 2003	4	9	20	26

* betekenis?

* gemiddelde resultaten van de bemestingstrappen 75 en 200 kg N

** resultaten van de bemestingstrap 200 kg N

*** resultaten van de bemestingstrap 75 kg N

6.3 Nitraatuitspoeling

Teelt van aardappelen op gescheurd grasland verhoogt het risico op het uitspoelen van nitraat. Ook als de N-bemesting wordt aangepast aan de extra stikstoflevering dan nog wordt er in oktober/november, aan het begin van het uitspoelingsseizoen, bij gescheurd grasland een grotere hoeveelheid stikstof in de bodemlaag 0-90 cm –mv gevonden. Dit is weergegeven in tabel 42. Dit geldt ook voor het tweede jaar na scheuren. Gemiddeld over beide onderzoeksjaren is de hoeveelheid Nmin bij een bemesting van 200 kg N/ha bij blijvend akkerbouw 49 kg/ha en bij een bemesting van 75 kg N/ha op gescheurd grasland bij TA-02 69 en bij ex-BG02 96 kg/ha. Ondanks een aanpassing in de bemesting leidt teelt van aardappelen op gescheurd grasland tot een verhoogd risico op nitraatuitspoeling.

Wanneer bij teelt op gescheurd grasland de N-bemesting niet wordt bijgesteld en ook 200 kg N/ha aan bemesting wordt gegeven dan is de hoeveelheid Nmin bij TA-02 en ex-BG-02 resp. 112 en 133 kg N/ha. Bij verhoging van de stikstofgift van 75 naar 200 kg N/ha wordt 125 kg meer stikstof gegeven en gemiddeld over beide graslandhistories wordt daarvan 74 kg in het najaar teruggevonden.

Tabel 42. **Hoeveelheid Nmin in kg/ha in de bodemlaag 0-90 cm in het najaar bij een N-bemesting van 200 kg N/ha bij de historie blijvend akkerbouw en 75 en 200 kg N/ha bij de histories met gescheurd grasland.**

	BA	TA-02		Ex-BG02		Ex-BG03	
	200 N	75 N	200 N	75 N	200 N	75 N	200 N
2002	24	62	102	90	153	nvt	nvt
2003	73	75	122	112	113	93	165
gemiddeld	49	69	112	96	133	-	-

7 Samenvatting

In het Mest- en Mineralenprogramma 398-II wordt onderzoek verricht naar de effecten van het scheuren van grasland op de N-dynamiek. Een wisselbouwproef van de Universiteit van Gent (B) werd hierbij opgenomen omwille van zijn bijzonder lange en goed gedocumenteerde voorgeschiedenis. In 2002 vonden enkele ingrijpende veranderingen plaats om nieuwe kennis te vergaren. Hierbij kreeg het scheuren van grasland vernieuwde aandacht, in het bijzonder voor de aardappelteelt.

De kernvragen voor het onderzoek zijn:

- Hoeveel N komt vrij na scheuren van 35-jaar oud en van 3-jarig oud grasland en hoeveel kan op kunstmeststikstof gespaard worden als aardappelen op gescheurd grasland geteeld worden.
- Wat gebeurt er met de opbrengst en kwaliteit van aardappelen na het scheuren van 35-jaar oud en 3-jaar oud grasland.
- Hoe groot zijn de risico's op N-uitspoeling na het telen van aardappelen op gescheurd grasland.

In 2002 is op de histories blijvend akkerbouw, blijvend grasland (gescheurd in april 2002) en tijdelijk akkerbouw (gescheurd in april 2002) het gewas aardappel (cv 'Bintje') in het proefplan opgenomen. Van de historie blijvend grasland bleef in 2002 een gedeelte in stand als grasland. In 2003 is dit resterende gedeelte gescheurd en daar zijn in 2003 ook aardappelen op geteeld. Ook op velden waar in 2002 aardappelen zijn geteeld, zijn in 2003 opnieuw aardappelen geteeld.

In de drie histories met aardappelen zijn drie N-trappen: 0, 75 of 200 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ met elkaar vergeleken. De veldjes waar in 2003 voor de tweede achtereenvolgende keer aardappelen zijn geteeld, hebben in 2003 dezelfde N-bemesting gehad als in 2002.

Om gebreksverschijnselen van andere aard dan N te vermijden, zijn de aardappelen met voldoende fosfaat en kali bemest. Op elk systeem komt een stukje zwarte braak voor dat geen minerale N toegediend kreeg én dezelfde grondbewerkingen onderging als het bij behorend gewas.

Het scheuren van het 3 jaar oude grasland en het 35 jaar oude grasland gebeurde op 8 april 2002 en van het resterende blijvende grasland op 8 april 2003. De basis-grondbewerking was frezen (ca. 15 cm diep), zowel voor de 'kerende' bewerking op de akkerpercelen als het vernietigen van de graszode en inwerken ervan. In 2002 zijn de aardappelen op 23-25 april gepoot, op 6 september doodgespoten en op 23+24 september geoogst. In 2003 zijn de aardappelen op 11 april gepoot en op 12+15 september (veldjes waar voor de tweede keer aardappelen stonden) en op 22 september (in 2003 gescheurd blijvend gras) geoogst. De aardappelen op vers gescheurd grasland stierven in 2003 later af dan die van de andere objecten. Per veldje zijn minimaal 40 aardappelplanten uit een voorzien centraal deel van het perceel geoogst. De geoogste knollen werden gesorteerd en gewogen. Van de knollen (> 40 mm) werden 5 kg gewassen knollen genomen voor onderwatergewicht-bepaling en voor bepaling van de schurftindex. Ook is het stikstofgehalte in de drogestof bepaald, waardoor in combinatie met de opbrengstgegevens ook de N-opname door de aardappelknollen bepaald kan worden.

Tegen de verwachting in blijft de opbrengst totaal versgewicht op de beide histories gescheurd grasland duidelijk achter bij die van blijvende akkerbouw. Ook in het tweede jaar na scheuren is dit het geval. Vermoed wordt dat een bodemgebonden schimmel, die ook voor aardappel schadelijk is, zich in de gras-klavermengsel van het grasland in stand heeft gehouden. De klaver in het grasland zou dan wel eens de boosdoener geweest kunnen zijn. Dit effect wordt ook zichtbaar in de opbrengst aan sortering > 40 mm. Bij het in 2003 vers gescheurde grasland, historie ex-BG03 speelde deze aantasting niet of in ieder geval minder. Door op de andere histories in 2003 voor het tweede achtereenvolgende jaar aardappelen te telen, is het effect van de 'ziekteverwekker' versterkt. Behalve een teleurstellende opbrengst op gescheurd grasland waren de aardappelen ook meer aangetast door de graslandschurft; op het 35-jarig grasland in sterkere mate dan op het 3-jarig grasland. In 2003 was de schurftaantasting lager dan in 2002. Het drogestofgehalte van de aardappelen op gescheurd grasland was iets hoger dan die van blijvende akkerbouw. In 2003 was dit verschil iets groter dan in 2002. Het onderwatergewicht was echter gelijk of juist iets lager. Het is niet duidelijk waardoor drogestofgehalte en onderwatergewicht zich verschillend gedragen. Bij het stikstofgehalte in de drogestof is er sprake van een duidelijke jaarsinvloed. In 2002 hadden de aardappelen van de historie blijvende akkerbouw een lager stikstofgehalte en in 2003 juist een

hoger stikstofgehalte in de drogestof.

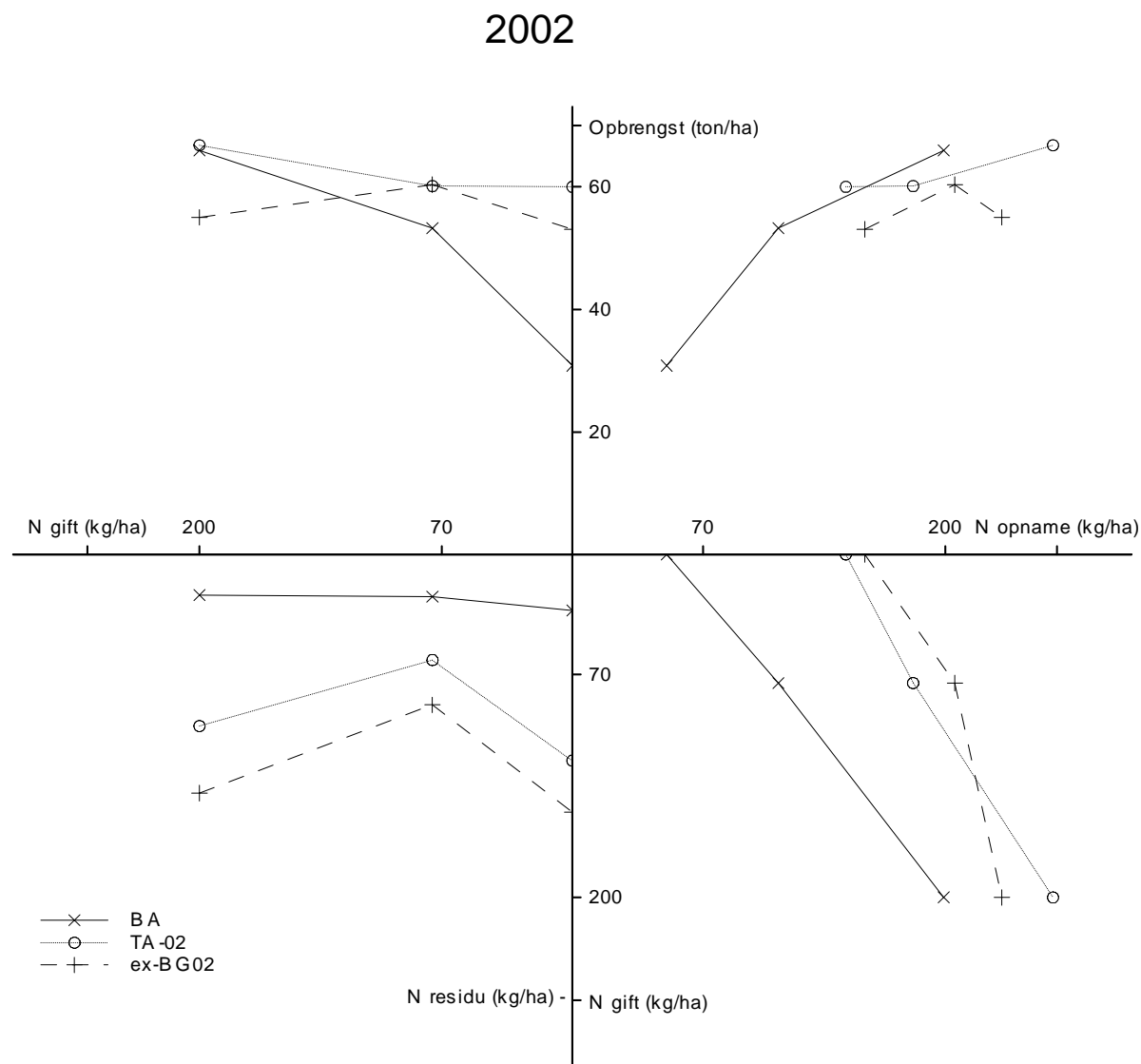
De stikstoflevering van historie blijvend akkerbouw op de braakveldjes is gemiddeld voor beide jaren 50 kg N/ha. Deze stikstof wordt door de aardappelen voor 100% benut. De stikstoflevering en -benutting van het gescheurde grasland is beduidend hoger, waarbij de N-levering van het 35-jarig grasland iets hoger is dan die van het 3-jarig grasland. Wanneer de resultaten voor beide graslandhistories worden gemiddeld dan kan met enige voorzichtigheid gesteld worden dat door het scheuren van grasland er in het eerste jaar na scheuren ongeveer 250 kg stikstof extra door mineralisatie beschikbaar komt en in het tweede jaar na scheuren ongeveer 150 kg N/ha. Niet alle extra stikstof kan door de aardappel benut worden. In het eerste jaar na scheuren is dit ongeveer 150 kg en in het tweede jaar 50 kg N/ha. De extra levering aan werkzame stikstof door het gescheurde grasland is hoger dan waarvan in de Adviesbasis Bemesting wordt uitgegaan. Bij scheuren van grasland van 3 jaar of ouder wordt in de Adviesbasis een levering van werkzame stikstof genoemd van 100 kg N per ha in het eerste jaar na scheuren en 30 kg N/ha in het tweede jaar. Teelt van aardappelen op gescheurd grasland verhoogt het risico op het uitspoelen van nitraat. Ook als de N-bemesting wordt aangepast aan de extra stikstoflevering dan nog wordt er in oktober/november, aan het begin van het uitspoelingsseizoen, bij gescheurd grasland een grotere hoeveelheid stikstof in de bodemlaag 0-90 cm –mv gevonden. Dit geldt ook voor het tweede jaar na scheuren. Gemiddeld over beide onderzoeksjaren is de hoeveelheid N_{min} bij een bemesting van 200 kg N/ha bij blijvend akkerbouw 49 kg/ha en bij een bemesting van 75 kg N/ha op gescheurd grasland bij TA-02 69 kg en bij ex-BG02 96 kg/ha. Ondanks een aanpassing in de bemesting leidt teelt van aardappelen op gescheurd grasland tot een verhoogd risico op nitraatuitspoeling.

Bijlage 1

In figuur 1 zijn de resultaten van het proefveld in 2002 weergegeven. In het kwadrant linksboven staat de opbrengst uitgezet tegen de N-gift, in het kwadrant rechtsboven staat de opbrengst uitgezet tegen de N-opname, in kwadrant rechtsonder de N-opname tegen de N-gift en in het kwadrant linksonder de N-gift tegen de hoeveelheid N_{min} bij de oogst in de bodemlaag 0-90 cm -mv.

Uit de opbrengst van de aardappelen, de N-opname door de aardappelen en de hoeveelheid N-NO₃ die na de oogst in de grond wordt gevonden, blijkt dat op gescheurd grasland meer stikstof beschikbaar is en ook door de aardappelen benut wordt. Bij het onbemeste object blijft de opbrengst van de historie BA sterk achter bij die van TA-02 en ex-BG02, maar bij 200 kg N/ha is de opbrengst bij blijvend akkerbouw (BA) ongeveer gelijk aan die bij TA-02. Het opbrengstniveau van ex-BG02 blijft bij 200 kg N/ha achter bij BA en TA-02. Het N-gehalte van de knollen is bij ex-BG02 wel iets hoger dan bij TA, evenals de hoeveelheid N-NO₃ in de laag 0-90 cm -mv op 8 oktober.

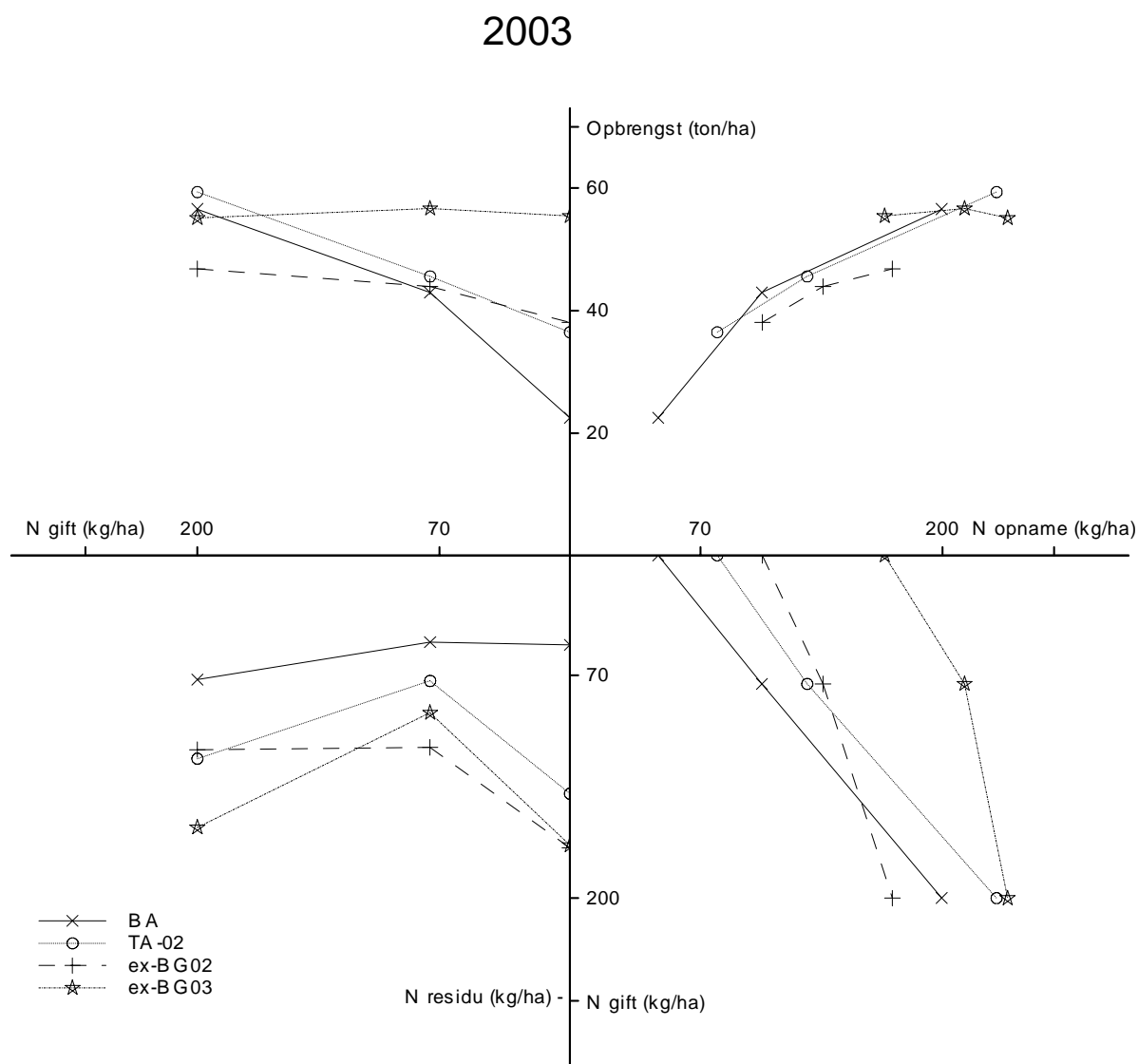
Figuur 1. **Opbrengst, N-opname en N-residu als functie van kunstmestgift in 2002.**



In figuur 2 zijn de resultaten van het proefveld in 2003 weergegeven. In het kwadrant linksboven staat de opbrengst uitgezet tegen de N-gift, in het kwadrant rechtsboven staat de opbrengst uitgezet tegen de N-opname, in kwadrant rechtsonder de N-opname tegen de N-gift en in het kwadrant linksonder de N-gift tegen de hoeveelheid N_{min} bij de oogst in de bodemlaag 0-90 cm -mv.

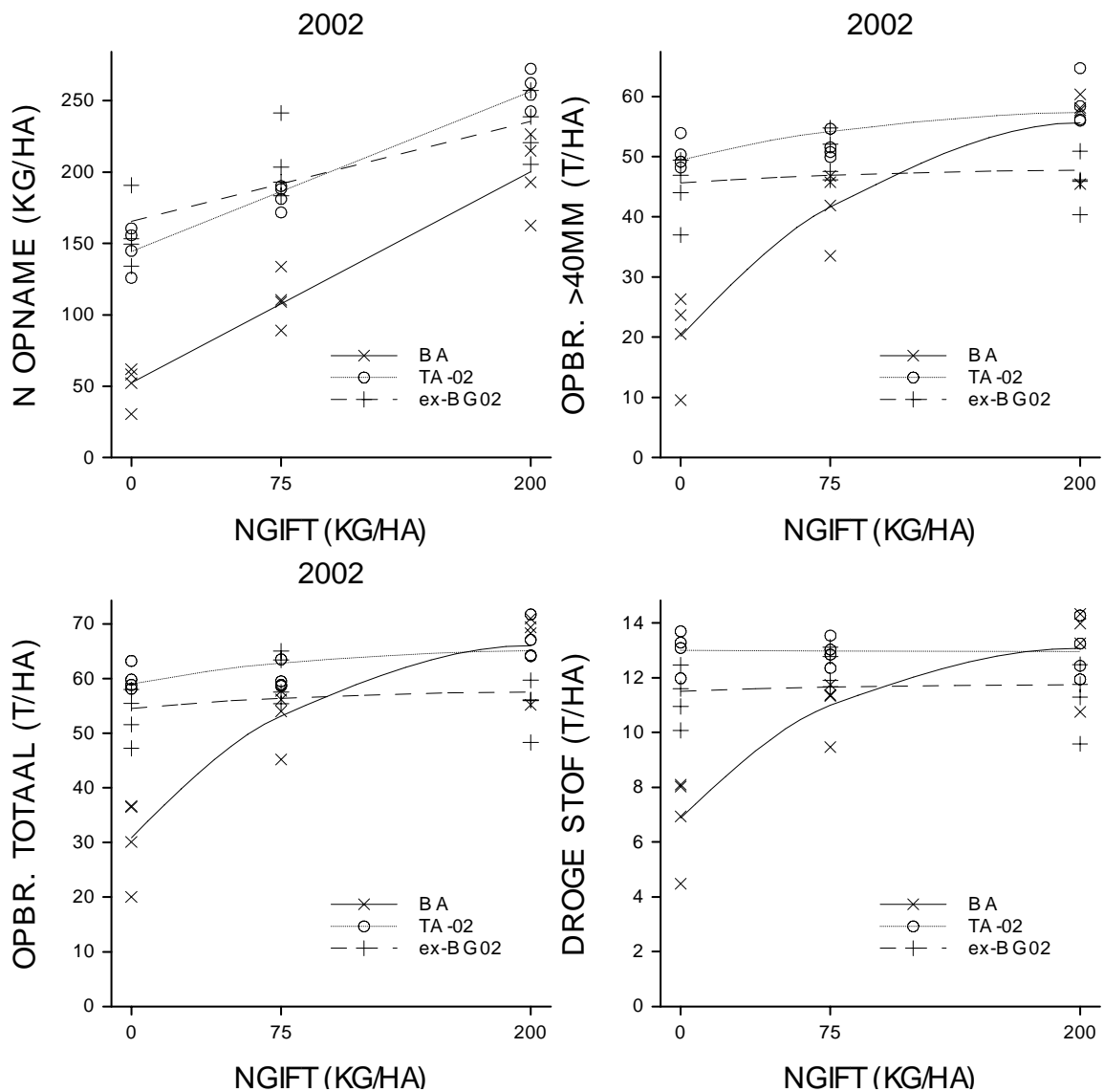
Uit de opbrengst van de aardappelen, de N-opname door de aardappelen en de hoeveelheid N-NO₃ die na de oogst in de grond wordt gevonden, blijkt dat op in 2003 gescheurd grasland meer stikstof beschikbaar is. Bij de hoogste kunstmestgift blijft de opbrengst van ex-BG03 echter achter bij de opbrengst van TA-02 en ex-BG02. Bij het onbemeste object blijft de opbrengst van de historie BA sterk achter bij die van TA-02 en ex-BG02 en ex-BG03.

Figuur 2. **Opbrengst, N-opname en N-residu als functie van kunstmestgift in 2003.**

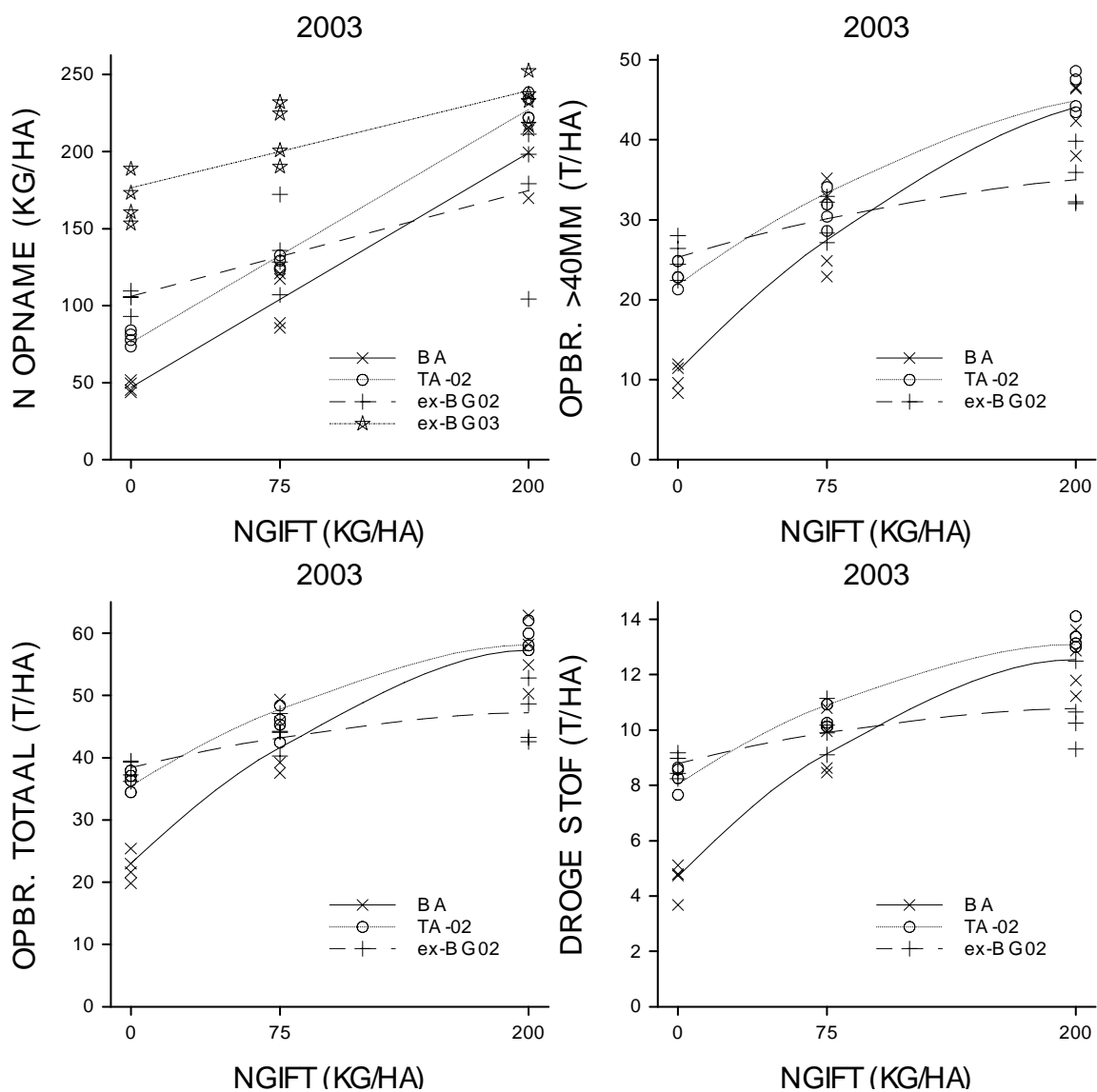


Bijlage 2

Figuur 3. Voorspelde N-opname in de knol, knolopbrengst > 40 mm, totaal knolopbrengst en drogestof opbrengst van de knollen in 2002.



Figuur 4. Voorspelde N-opname in de knol, knolopbrengst > 40 mm, totaal knolopbrengst en drogestof opbrengst van de knollen in 2003.



Bijlage 3. Literatuurverwijzing

1. Johnston, A.E., McEwen, J.M., Lane, P.W., Hewitt, M.V., Poulton, P.R. and D.P. Yeoman, 1994. Effects of one to six year old ryegrass-clover leys on soil nitrogen and on the subsequent yields and fertilizer nitrogen requirements of the arable sequence winter wheat, potatoes, winter wheat, winter beans (*Vicia faba*) grown on a sandy loam soil. *Journal of Agricultural Science*, 122, 73-89.
2. Mead, R. and Curnow, R.N., 1983. *Statistical methods in agriculture and experimental biology*. Chapman and Hall London.
3. Neeteson, J.J., 1989. *Assessment of fertilizer nitrogen requirement of potatoes and sugar beet*. Dissertation Wageningen University