

OPTIMALISATIE VAN DE ONKRUIDBEHEERSING IN DE TEELT VAN BIOLOGISCHE DIEPVRIESSPINAZIE

Michaël Devos

Stamnummer: 01502027

Promotoren: Prof. dr. ir. Benny De Cauwer en ir. Lieven Delanote

Tutor: ir. Sander De Ryck

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad Master of Science in de Bio-ingenieurswetenschappen:
Landbouwkunde

Academiejaar: 2019 - 2020

OPTIMALISATIE VAN DE **ONKRUIDBEHEERSING IN DE TEELT** **VAN BIOLOGISCHE DIEPVRIESSPINAZIE**

Michaël Devos

Stamnummer: 01502027

Promotoren: Prof. dr. ir. Benny De Cauwer en ir. Lieven Delanote

Tutor: ir. Sander De Ryck

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad Master of Science in de Bio-ingenieurswetenschappen:
Landbouwkunde

Academiejaar: 2019 - 2020



De auteur en de promotoren geven de toelating deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van deze masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze masterproef.

The author and the promotors give permission to use this thesis for consultation and to copy parts of it for personal use. Every other use is subject to the copyright laws, more specifically the source must be extensively specified when using results from this thesis.

Juni 2020

De promotoren

Prof. dr. ir. Benny De Cauwer

ir. Lieven Delanote

De tutor

ir. Sander De Ryck

De auteur

Michaël Devos

Woord vooraf

Al van kindsbeen af ben ik gepassioneerd door landbouw. Bio-ingenieur landbouwkunde worden was dan ook mijn grote droom, die ik met deze masterproef heb kunnen verwezenlijken. Geleidelijk aan heb ik een grote interesse ontwikkeld in vollegrondsgroenten. Bij het overlopen van de masterproefonderwerpen was de keuze dan ook snel gemaakt, een masterproef omtrent groenteteelt: 'Optimalisatie van de onkruidbeheersing in teelt van biologische diepvriesspinazie'. Met deze wens ik enkele mensen te bedanken die deze masterproef mogelijk maakten.

In de eerste plaats wens ik mijn promotor prof. dr. ir. Benny De Cauwer, en mijn tutor ir. Sander De Ryck, te bedanken voor het mogelijk maken van deze masterproef. Zonder hun kritische blik, deskundige begeleiding, eeuwig enthousiasme en onvoorwaardelijke paraatheid tot hulp, zou deze masterproef niet geworden zijn tot wat het nu is. Ook wens ik Francesca Petrucci, medewerker op de proefhoeve in Melle, te bedanken voor de hulp bij het sorteren van de spinazieoogst.

Promotor ir. Lieven Delanote, afdelingshoofd afdeling Biologische productie binnen Inagro vzw, ben ik ook meer dan één dankwoord verschuldigd. Zonder zijn deskundige begeleiding bij de praktijkuitvoering van deze masterproef, alsook het ter beschikking stellen van proefvelden en middelen, was deze masterproef niet mogelijk geweest. Speciale dank gaat uit naar ing. Kevin De Ceuleners, de verantwoordelijke onderzoeker voor mijn veldproeven binnen Inagro vzw. Verder wens ik ing. Joran Barbry, ing. Philippe France, Brecht Vandenbroucke, Torsten Martens, Marc Coene en bij uitbreiding het ganse team van Inagro vzw te bedanken voor hun hulp bij de praktische uitvoering van deze masterproef. In het bijzonder wens ik Tom Decuypere, bedrijfsleider van het biologisch proefbedrijf Inagro vzw, en zijn vrouw Machteld Denys, te bedanken voor hun hulp en gastvrijheid, zo kon ik zowel tijdens de week als in het weekend aan mijn proeven werken. Hun geduld en goedwilligheid omtrent mijn kritische eisen bij deze veldproeven waardeer ik enorm.

Mijn literatuurstudie zou niet tot stand gekomen zijn zonder de kennis van een aantal mensen uit de industrie. Hierbij dien ik ing. Dries Verdure, teeltbegeleider bij Ardo Ardoe en Linda Casemier, teeltbegeleider bij Ardo Zundert, ir. Stefaan Goudeseune, agro- en procurement manager bij Greenyard Frozen Belgium, ing. Johan Decroos, account manager sales (international) bij Rijk Zwaan, Koen Smedts, teeltbegeleider bij Laarakker Bio, ing. Rik Decadt, directeur productie REO veiling en Patricia Vercammen, boekhouding en coördinatie marktgegevens bij VBT vzw, en alle andere mensen die ik hier niet vermeld heb, te bedanken voor hun bijdrage.

Ten slotte wens ik ook mijn ouders en zus te bedanken voor hun onbeperkte steun. Ook wens ik mijn ouders te bedanken voor de financiële middelen die ik kreeg om mijn studies te volbrengen. Daarnaast wil ik mijn vrienden bedanken voor de mooie tijden die we samen in Gent beleefden.

Dan wens ik u nog veel leesplezier toe!

Michaël Devos

Gent, 5 juni 2020

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	I
Lijst van afkortingen.....	IV
Samenvatting.....	V
1. Inleiding	1
2. Literatuurstudie.....	3
2.1 Biologische aspecten	3
2.1.1 Taxonomie	3
2.1.2 Origine	3
2.1.3 Plantkundig	3
2.2 Biologische spinazieteelt.....	4
2.2.1 Situering en belang.....	4
2.2.1.1 België.....	4
2.2.1.2 Nederland	5
2.2.1.3 Europa	5
2.2.2 Afzetmogelijkheden en kwaliteitsnormen	5
2.2.2.1 Industriële verwerking.....	5
2.2.2.1.1 Productieproces	5
2.2.2.1.2 Kwaliteitsnormen.....	5
2.2.2.1.3 Chemische kwaliteitseisen.....	6
2.2.2.1.4 Zuiverheid.....	6
2.2.2.1.5 Productvereisten	7
2.2.2.2 Versmarkt.....	7
2.2.3 Teeltechnische aspecten	7
2.2.3.1 Teeltcyclus en plaats in de rotatie	7
2.2.3.2 Bodem.....	9
2.2.3.3 Zaai	9
2.2.3.4 Rassenkeuze	9
2.2.3.5 Ziekten en plagen	10
2.2.3.6 Bemesting	11
2.2.3.7 Oogst	12
2.2.3.8 Opbrengst	12
2.2.3.9 Economie onkruidbeheersing	13
2.2.3.10 Probleemonkruiden.....	13
2.2.4 Knelpunten.....	14

2.3	Onkruidbeheersing in biologische spinazieteelt	15
2.3.1	Systeembenadering	15
2.3.1.1	Inleiding	15
2.3.1.2	Hedendaagse systemen	15
2.3.2	Vals zaaibed	16
2.3.3	Integrated Weed Management	18
2.3.3.1	Fysische behandelingen	18
2.3.3.2	Mulching	21
3.	Materiaal en methode	23
3.1	Materiaal	23
3.1.1	Bodemeigenschappen van proefpercelen	23
3.1.2	Gebruikte werktuigen	24
3.1.2.1	Zaaibedbehandelingen	24
3.1.2.2	Zaai	24
3.1.2.3	Onkruidbeheersingstuigen	24
3.1.2.4	Irrigatie	25
3.1.3	Gebruikte spinazierassen	26
3.2	Methode	27
3.2.1	Proef 1: Impact van gewasvulkracht	27
3.2.1.1	Doelstelling	27
3.2.1.2	Proefopzet	27
3.2.1.3	Weer	28
3.2.1.4	Teeltverloop	29
3.2.2	Proef 2: Impact van zaaiverbanden	30
3.2.2.1	Doelstelling	30
3.2.2.2	Proefopzet	30
3.2.2.3	Weer	31
3.2.2.4	Teeltverloop	31
3.2.3	Proef 3: Impact van geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen	32
3.2.3.1	Doelstelling	32
3.2.3.2	Proefopzet	32
3.2.3.3	Weer	33
3.2.3.4	Teeltverloop	34
3.2.4	Metingen	35
3.2.4.1	Zaadbankdensiteit	35
3.2.4.2	Standdichtheid van het gewas (pl. m ⁻²)	36
3.2.4.3	Onkruidbezetting (pl. m ⁻²)	36
3.2.4.4	Bedekkingsgraad	38
3.2.4.5	Bepaling opbrengst en kwaliteit van spinazie	38
3.2.5	Statistische dataverwerking	39

4.	Resultaten en discussie	40
4.1	Proef 1: Impact van gewasvulkracht	40
4.1.1	Resultaten	40
4.1.1.1	Effecten van de standdichtheid van de spinazie op spinazie- en onkruidparameters	41
4.1.1.1.1	Spinazie-parameters	41
4.1.1.1.2	Onkruidparameters	42
4.1.1.2	Raseffecten op spinazie- en onkruidparameters	43
4.1.2	Discussie	44
4.2	Proef 2: Impact van zaaiverbanden	46
4.2.1	Resultaten	46
4.2.1.1	Spinazie	46
4.2.1.2	Onkruid	47
4.2.2	Discussie	50
4.3	Proef 3: Impact van geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen	53
4.3.1	Resultaten	53
4.3.1.1	Spinazie	53
4.3.1.2	Onkruid	55
4.3.1.2.1	Onkruidbezetting (pl. m ⁻²)	55
4.3.1.2.2	Onkruidbiomassa (g m ⁻²) en onkruidfractie (%)	59
4.3.1.3	Economie van de beheersystemen	61
4.3.2	Discussie	62
5.	Besluit	64
5.1	Proef 1: Impact van gewasvulkracht	64
5.2	Proef 2: Impact van zaaiverbanden	64
5.3	Proef 3: Impact van geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen	65
5.4	Aanbevelingen voor verder onderzoek	67
5.5	Aanbevelingen voor de onkruidbeheersing in biologische spinazie	68
6.	Bibliografie	69
7.	Bijlage	74
7.1	Proef 1: Impact van gewasvulkracht	74

Lijst van afkortingen

a.s.	actieve stof
Cd	Cadmium
DKG	Duizendkorrelgewicht
DS	Droge Stof
Ha	Hectare
LAI	Leaf Area Index
LSD	Least Significant Difference
N	Stikstof
OC	Organische Koolstof
Pb	Lood
pH	Zuurtegraad
pl.	Planten
Pfs	<i>Peronospora farinosa</i> f. sp. <i>spinaciae</i> , wolf
SE	Standaardfout

Samenvatting

Spinazie (*Spinacia oleracea* L.) is een snelgroeiend bladgewas dat enkele weken na zaai al een oogstbaar product kan leveren. Ondanks de korte groeiduur kan er van alles – ziekten en plagen, weer,... - mislopen tijdens de teelt, wat mogelijks tot afkeuring van het gewas leidt door de verwerkende industrie. De diepvriesindustrie legt hierbij in zijn teeltcontracten verscheidene normen op inzake kwaliteit van het gemaaid product. Dit betreffen zowel eisen van zuiverheid van het gemaaid product als eisen omtrent het spinaziegewas (inwendig en uitwendig) zelf. Dat maakt van (gangbare) industriespinazie een uitdagend, akkerbouwmatig geteeld groentegewas.

Biologische industriespinazie is een gegeerd product voor de verwerkende industrie. Door de delicate onkruidbestrijding durven Belgische biotelers de teelt niet aan, gangbaar is deze immers al moeilijk genoeg. De nauwe rijafstanden die de diversiteit aan mechanische onkruidbestrijdingstools beperken, en de snelle groei met als gevolg een kort na-opkomst bestrijdingsinterval, liggen hier aan de oorzaak. Handmatig nawieden is om rendabiliteitsredenen niet mogelijk. Telers hebben nood aan een systeem zonder (veel) handarbeid, die een maximum oogstzekerheid kan garanderen, en dus de kans op afkeuring door een te hoog onkruidaandeel beperken. Op dit moment is het onderzoek gevoerd naar fysische onkruidbeheersing in snelgroeiende maaigewassen met nauwe interrijafstanden, zoals spinazie, zeer beperkt. Deze scriptie onderzoekt de impact van gewasvulkracht, zaaiverband en geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen op veld- en oogstparameters van belang voor zowel teelt als verwerking (onkruidbezetting, standdichtheid gewas, onkruidbiomassa en -fractie, spinaziebiomassa, tarrafractie en bladsteelaandeel).

In de proef rond impact van gewasvulkracht werd duidelijk dat bij een stijgende standdichtheid, de onkruidbiomassa en onkruidfractie bij 2 van de 3 geteste rassen significant daalden (12.5 en 59.6 g onkruidbiomassa per 100 planten en 0.4 en 3.0 procentpunten onkruidfractie per 100 planten), en de spinaziebiomassa significant steeg (significant voor alle rassen, van 10.6 tot 29.4 g per extra plant) (binnen range van 42 tot 238 planten m⁻²). Ook het bladsteelaandeel steeg steeds significant bij stijgende standdichtheid (van 6.7 tot 9.9 procentpunten per 100 planten). Tarrafractie werd in deze herfstspinazie niet significant beïnvloed door de standdichtheid. Voor éénzelfde standdichtheid verschilden de 3 geteste rassen in spinazie-opbrengst (gemakkelijk 1 kg m⁻² verschil; alle rassen hadden éénzelfde groeiduur), tarrafractie (verschillen van 5 à 10 %) en bladsteelaandeel (verschillen van 10 procentpunten). Bij een stijgende bedekkingsgraad door spinazie, daalde de onkruidbiomassa en -fractie (al was de effectgrootte rasafhankelijk), terwijl de spinaziebiomassa steeg. Bij een hogere spinazie-opbrengst daalde de onkruidfractie bij 2 van de 3 rassen, bij het derde ras was er geen effect.

Naar zaaiverband toe scoorde een nauwe interrijafstand met 2 na-opkomst wiedegebeurten significant het laagst naar onkruidfractie (0.51 %), tevens was dit het enige object dat een onkruidfractie onder de contractnorm voor pureespinazie van 1 % *Stellaria media* (L.) (vogelmuur) en/of *Urtica* spp. bezat. De interrijafstand verruimen om te kunnen schoffelen, leverde minstens een 0.78 procentpunten hogere onkruidfractie. Bij na-opkomst wiedegeen werd de standdichtheid van het gewas met zo'n 30 % gereduceerd. Daar de standdichtheid hierdoor naar 177 planten m⁻² zakte, was ook de spinazie-opbrengst significant lager dan bij de andere objecten (standdichtheid rond 200 planten m⁻²). Een nauwe interrijafstand zonder na-opkomstbehandelingen leverde de hoogste opbrengst (2 902 g m⁻²), die niet significant verschilde van systemen met een verbreding van de interrijafstand. Naar tarrafractie scoorden systemen met bredere interrijafstand significant beter (minstens 5.34 procentpunten lager). Het bladsteelaandeel werd vermoedelijk teveel beïnvloed door de standdichtheid om een uitspraak over het effect van interrijafstand te maken.

In de proef met geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen was een brandbeurt op vals zaaibed en/of in vooropkomst, samen met 2 na-opkomst wiedegebeurten, vereist om onder de contractnorm m.b.t. onkruidfractie voor pureespinazie van 1 % *Stellaria media* (L.) (vogelmuur) en/of *Urtica* spp. te blijven. Wanneer in na-opkomst niet gewiedegd werd, leverde wiedegeen op vals zaaibed een onkruidbezetting die 1.6 keer hoger was dan een onbehandeld vals zaaibed. Wanneer in vooropkomst werd gebrand, leverde wiedegeen op vals zaaibed 14 g m⁻² extra onkruidbiomassa en 0.17 procentpunten extra onkruidfractie ten opzichte van een onbehandeld vals zaaibed. Wiedegeen op vals zaaibed valt dus af te raden.

De spinaziebiomassa verschilde niet significant tussen beheersingssystemen onderling wegens een voldoende hoge standdichtheid. Zelfs na de 2 naopkomstwiedegebeurten waren er nog steeds gemiddeld 216 planten m⁻², wat door de industrie als optimale standdichtheid beschouwd wordt om een goede opbrengst te behalen.

Om de onkruidbeheersing te optimaliseren, wordt besloten dat een snelgroeiend ras, een voldoende hoge standdichtheid (minstens 200 planten m⁻²), een nauwe interrijafstand, een brandbeurt op valszaaibed en/of vooropkomst en 2 na-opkomst wiedegebeurten, de grootste garantie op een geslaagde biologische spinazieteelt geven.

1. Inleiding

De consumptie van biologische producten in Europa zit in een stijgende lijn. Per jaar steeg de consumptie in EU-28 van € 13.4 per capita in 2000 tot € 67.2 per capita in 2017 (Willer, Lernoud (Eds.), 2019). Hier tracht de diepvriesindustrie gretig op in te spelen. De Belgische arealen van bijvoorbeeld bioprei en bioknolselder kunnen aan de vraag van de industrie voldoen, deze van bepaalde ter plaatse gezaaide bladgewassen zoals biospinazie en kruiden daarentegen niet. Kolen, prei, knolselder en stamslabonen kunnen met moderne gps- en schoffeltechnologie goed van onkruid gevrijwaard worden. De lagere onkruidtolerantie door een ter plaatse zaai en nauwere rijafstanden coherent aan industriespinazie maken het heel wat moeilijker een geslaagde niet-chemische onkruidbeheersing zonder overmatig handwiedwerk te bekomen. Het saldo en de grote arealen die (biologische) industriespinazie kenmerken, beperken immers de hoeveelheid inzetbare handarbeid. Bovendien stelt de industrie even strenge eisen met betrekking tot de aanwezigheid van onkruiden in het gemaaid product als in de gangbare teelt. Bijgevolg wordt de teelt van biologische diepvriesspinazie als riskant beschouwd door Belgische biotelers, waardoor biotelers de teelt niet aandurven. Om aan de vraag van de (Belgische) industrie te voldoen wordt heel wat biospinazie uit de Flevopolder (Nederland) geïmporteerd. De onkruiddruk op deze jonge poldergrond is heel wat lager. De biologische spinazieteelt wordt er op grootschalig niveau uitgevoerd, wat om industriële verwerking mogelijk te maken nodig is (MV, 2018; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Het ontwikkelen van nieuwe middelen kost handen vol geld dat voor gewassen met kleine arealen niet rendeert. Het aantal herbiciden dat in kleinere teelten zoals groenten beschikbaar is, is zeer beperkt, en slinkt door de Europese wetgeving nog verder af. Er wordt weinig onderzoek uitgevoerd naar nieuwe actieve stoffen (Fennimore, 2008). Ook in de gangbare spinazieteelt is onkruidbestrijding niet eenvoudig. Het weer en de aanwezige onkruiddruk/ -diversiteit bepalen het al dan niet slagen van de herbicidetoepassing en de noodzaak tot handmatig nawieden (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019). Mechanische onkruidbestrijding staat bekend om minder effectief te werken dan chemische onkruidbestrijding. In tegenstelling tot sommige chemische middelen is er geen enkele nawerking op onkruid. Bovendien kunnen de uitgevoerde mechanische behandelingen kieming van nieuwe onkruiden stimuleren (Bàrberi, 2002).

Deze masterproef bestudeert de invloed van cultuurtechnische maatregelen en verscheidene fysische onkruidbeheersingsmethodes op de opbrengst en kwaliteit van diepvriesspinazie, en aanwezigheid van onkruid in het geogste product in het bijzonder. Op dit moment is er in Noordwest-Europa hiernaar nog geen uitgebreide studie verricht.

In de literatuurstudie wordt ingegaan op de teelttechnische eigenschappen van de industriespinazieteelt, en elk met hun relatie tot onkruid (zowel het voorkomen als beheer). De huidige biologische teelt wordt geschetst in belang als in teeltwijze ten opzichte van gangbare productie. Tot slot worden het effect van verschillende onkruidbestrijdingsstrategieën onderzocht. Hierbij worden preventieve maatregelen als het vals zaaibed, en allerhande curatieve maatregelen, besproken.

In het praktische onderzoeksluik van deze masterproef wordt in de eerste veldproef het effect van gewasvulkracht door middel van rassenkeuze en zaaidensiteit op onkruidonderdrukking nagegaan. Hierbij wordt er gefocust op spinazieopbrengst en aanwezige onkruidbiomassa. Verder werden ook kwaliteitsparameters als onverwerkbare spinazie en bladsteelaandeel onderzocht.

In een tweede veldproef wordt het effect van verschillende zaaiverbanden nagegaan op de aanwezige onkruidbiomassa. Immers een ander zaaiverband laat andere na-opkomst beheersingsstrategieën toe en beïnvloedt de vulkracht van het gewas. Hierbij worden ook spinazieopbrengst en kwaliteitsparameters als onverwerkbare spinazie en bladsteelaandeel gemonitord.

Als laatste en derde veldproef wordt naar een geïntegreerd onkruidbeheersingssysteem gezocht door middel van behandelingen op vals zaaibed, in vooropkomst en in na-opkomst. Zowel onkruidbiomassa als spinaziebiomassa werden geregistreerd.

Finaal wordt een aanbeveling geformuleerd naar een betere onkruidbeheersing in biologische diepvriesspinazie.

2. Literatuurstudie

2.1 Biologische aspecten

2.1.1 Taxonomie

Spinazie (*Spinacia oleracea* L.) is een bladgroente behorende tot de amarantenfamilie (Amaranthaceae), en is daarmee familie aan biet (*Beta vulgaris* L.) en aan een aantal courante akkeronkruiden zoals *Chenopodium* spp. (ganzenvoeten) en *Atriplex* spp. (meldes) (Tabel 2.1) (van der Meijden, 2005). Verder kent het geslacht *Spinacia* ook nog de soorten *Spinacia turkestanica* Ilj. en *Spinacia tetrandra* Stev. (Fujito *et al.*, 2015).

Tabel 2.1 Taxonomische classificatie van spinazie (van der Meijden, 2005).

Domein	Eukaryota
Rijk	Plantae
Stam	Embryophyta
Klasse	Spermatopsida
Orde	Caryophyllales
Familie	Amaranthaceae

2.1.2 Origine

Spinazie ($2n = 12$) kent zijn oorsprongsgebied in Centraal Azië, in Iran. De Grieken en Romeinen kenden de spinazieplant 2000 jaar geleden. Via de Arabieren raakte het gewas geïntroduceerd in Noord-Afrika, vandaar werd het via de Moren in de 11^{de} eeuw Europa (Spanje) binnen gebracht om zich in enkele eeuwen over het gehele Europese continent te verspreiden (Pandey & Kaloo, 1993).

2.1.3 Plantkundig

Deze groente produceert een rozet aan vlezige, gebobbelde of gladde bladeren met een ronde, ovale of driehoekige vorm tijdens de vegetatieve fase. De industrie verkiest rassen met gladde bladeren daar deze eenvoudiger van zand te ontdoen zijn (Pandey & Kaloo, 1993; Le Strange *et al.*, 2003; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019). Het wortelstelsel bestaat uit een penwortel met laterale zijwortels. Voornamelijk de bovenste 5 à 20 cm wordt uitgebreid beworteld, de bouwvoor moet zich dan ook in optimale conditie (structuur, bemesting, vocht en oplosbare nitraten) bevinden om een vlotte groei te garanderen (Weaver & Bruner, 1927). Ook Schenk *et al.* (1991) geven aan dat de meeste beworteling zich in de bouwvoor (0-30 cm) bevindt.

Na de vegetatieve fase wordt een bloeistengel (aar) aangemaakt. De bloemetjes staan in clusters van 6 tot 12 op de bloemstengel. De planten kunnen zowel dioecisch als monoecisch (met mannelijke en vrouwelijke bloemen in verschillende verhoudingen) bloeien. Monoecische planten kunnen ook tweeslachtige bloemen bezitten (Pandey & Kaloo, 1993). Mannelijke bloemen bezitten een 4-delig bloemdek en 4 à 5 meeldraden, vrouwelijke bloemen 4 tot 6 stempels en 1 vruchtbeginsel, omgeven door het bloemdek. De gevormde vrucht is een schijnvrucht (de Kraker *et al.*, 1991).

Spinazie gaat over tot reproductie bij lange dagen en hoge temperaturen (Le Strange *et al.*, 2003). De snelheid van opschieten is hierbij duidelijk rasafhankelijk (Inagro, 2019). Om tot schot en een goede zaadsetting over te gaan, is een temperatuur van 15 à 20 °C en een daglengte van 15 uur vereist. Voorjaarsspinazie bloeit in de zomer van hetzelfde jaar, najaarsspinazie zal pas het jaar erop bloeien. De vereiste daglengte is uiteraard sterk afhankelijk, winterrassen schieten al vanaf begin april (daglengte zo'n 13 uur) (de Kraker *et al.*, 1991; Inagro, 2015; Inagro, 2016a; Decroos, 2020). Zomerrassen die in West-Europa geteeld worden, hebben een nog langere daglengte (> 15 uur) nodig, zaadwinning vindt plaats in de Scandinavische landen (de Kraker *et al.*, 1991). Om voldoende verkmarktbaar biomassa te kunnen produceren, vooraleer het groeipunt in generatieve toestand treedt en de aanwas van bladeren stopt, moet fysiologische stress door lange daglengtes, hoge temperaturen, hoge plantdensiteit en een onvoldoende bemesting/irrigatie vermeden worden (Le Strange *et al.*, 2003).

Het zaad kiemt optimaal bij 7 °C tot 24 °C, 2 °C tot 30 °C worden als uiterste waarden beschouwd. Later tijdens de groei is 15 °C tot 18 °C perfect, al is er groei waarneembaar tussen 4 °C en 24 °C. Jonge planten na de kiemingsfase, maar nog niet volledig vegetatief volgroeid, kunnen temperaturen tot -6 °C à -9 °C verdragen (Le Strange *et al.*, 2003).

2.2 Biologische spinazieteelt

2.2.1 Situering en belang

2.2.1.1 België

Zowat 78 % van het totale Belgische spinazieareaal wordt geteeld in West-Vlaanderen (Tabel 2.2). Verder is bijna 98 % van dit spinazieareaal bestemd voor industriële verwerking. De spinazieteelt beslaat 4 % van het Belgische groentenareaal en 0.14 % van de totale Belgische cultuurgrond (cijfers uit het jaar 2018) (Statbel.fgov.be, 2019).

Tabel 2.2 Verdeling Belgisch spinazieareaal over de provincies en uiteindelijke bestemming. Het totale areaal groenten in openlucht bedraagt 49 890 ha, de totale oppervlakte cultuurgrond 1 356 078 ha (2018) (Statbel.fgov.be, 2019).

	België	Antwerpen	Vlaams-Brabant	West-Vlaanderen	Oost-Vlaanderen	Limburg	Waals Brabant	Henegouwen	Luik	Luxemburg	Namen
Totaal (ha)	2 016.63	54.39	65.39	1 572.77	73.51	55.84	78.65	33.82	54.38	0	27.88
Voor industriële verwerking (ha)	1 969.96	41.81	61.77	1 567.75	72.19	55.84	69.18	33.82	54.38	0	13.22
Voor vers verbruik (ha)	46.67	12.58	3.62	5.02	1.32	0	9.47	0	0	0	14.66

In Vlaanderen neemt biospinazie 19.17 ha in, waarvan 2.49 in omschakeling (Departement landbouw & Visserij, 2019). Daar het Vlaamse areaal 1 821.9 ha telt (Statbel.fgov.be, 2019), bedraagt het Vlaams bioaandeel slechts 1 % (cijfers uit 2018).

De arealen gegeven door Statbel.fgov.be (2019), betreffen spinazie als hoofdteelt. Daar veel spinazie als voor-, na- of tussenteelt (winter) dient, zijn deze arealen dus een onderschatting (Verdure, 2019). Het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT vzw) (Vercammen, 2019) bezorgde volgende cijfers betreffende areaal, rendement en productie op nationaal niveau (Tabel 2.3). Cijfers onder beschutting zijn onbekend. Ook hieruit valt te besluiten dat de Belgische spinazieteler voornamelijk aan de industrie levert (in 2018 98 % van het areaal).

Tabel 2.3 Resultaten Werkgroep Oogstraming Groenten, enkel spinazie in openlucht, onder glas niet bekend (Vercammen, 2019).

Jaar	Definitief areaal (ha)			Rendement (ton ha ⁻¹)			Productie (ton)			Voorlopig areaal (ha)
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2019
Industrie	5 000	5 000	4 500	16	16	18	80 000	80 000	81 000	4 500
Verse markt	60	90	90	15	15	15	900	1 350	1 350	90

Verdure (2019) meldt een Belgisch areaal van jaarlijks gemiddeld zo'n 6 000 ha gangbare industriespinazie, waarbij zo'n 50 à 75 ha (1 % van het gangbare areaal) biologisch is. Het merendeel van de verwerkte biospinazie bij Greenyard/Ardo wordt geteeld in Nederland, onder andere in de Flevopolder, en wordt via groothandel aangekocht en naar België vervoerd (Greenyard) of in Nederlandse vestigingen verwerkt (Ardo) (Goudeseune, 2019, Verdure, 2019).

2.2.1.2 Nederland

Nederland kent zo'n 2 162 ha spinazie (269 bedrijven) (2018), die geheel uit voorjaars- en najaarsspinazie bestaan. De 632 ha biospinazie (92 bedrijven) worden voor 94 % in Flevoland geteeld (590 ha, 75 bedrijven). Zo is 29 % van het totale Nederlandse spinazie-areaal biologisch. Hiermee overtreffen de Nederlanders België ruimschoots relatief en absoluut in het biologische productieareaal van spinazie (Opendata.cbs.nl, 2019). De jonge poldergrond (zoals bijvoorbeeld Flevoland) bezit een veel lagere onkruiddruk. Schimmelaantastingen komen er minder voor door het winderige zeeklimaat. De concentratie aan biologische bedrijven, gecombineerd met de schaalgrootte, bevoordeelt dit type regio's in de biologische industriegroententeelt (Verbeke, 2012; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019; Smedts, 2019).

2.2.1.3 Europa

In Europa groeit er jaarlijks gemiddeld zo'n 25 000 ha industriespinazie, waarvan zo'n 5 % biologisch gecertificeerd is. De grootste spelers in biologische spinazie betreffen Nederland, maar ook Duitsland. Verder spelen ook Italië, Frankrijk, Spanje en Oostenrijk een rol in (biologische) industriespinazie. Arealen voor de versmarkt zijn zeer moeilijk te bepalen daar niet alles als spinazie, maar als babyleaf wordt aangegeven. In de (bio)versmarkt zijn Spanje, Portugal, Nederland en Engeland de grotere spelers (Verdure, 2019).

De FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2019) vermeldt dat België in 2017, 5 090 ha spinazie teelde met een opbrengst van 16 ton ha⁻¹, wat resulteert in een productie van 81 350 ton. Voor Europa bedragen deze waarden respectievelijk 42 804 ha, 14.7 ton ha⁻¹ en 633 351 ton. België heeft dus een beduidend aandeel in de Europese spinazieteelt (11.9 % van het EU-areaal en 12.8 % van de EU-productie). Denemarken heeft de hoogste opbrengst binnen EU, 34.1 ton ha⁻¹; Griekenland het grootste EU-areaal (10 000 ha); en Frankrijk de grootste EU-productie (110 669 ton). Wereldwijd wordt er zo'n 929 758 ha geteeld, met een opbrengst van 30 ton ha⁻¹ en een productie van 27.9 miljoen ton.

2.2.2 Afzetmogelijkheden en kwaliteitsnormen

2.2.2.1 Industriële verwerking

2.2.2.1.1 *Productieproces*

Na de oogst wordt de spinazie in containers naar de fabriek vervoerd, waar ze in een bunker wordt gestort. De bladeren komen op transportbanden terecht, en worden eerst naar de insectentrommel vervoerd. Daar worden de insecten via een ronddraaiende trommel eruit gezeefd. Vervolgens komt de stroom spinazie in een blazer terecht, stenen en metalen objecten vallen naar beneden terwijl de spinazie naar de volgende transportband geblazen wordt. Hierna wordt de spinazie gewassen in een peddelwasser, het vrijgekomen zand kan hierbij bezinken. Als laatste reinigungsstap wordt de spinazie optisch gesorteerd, alles wat niet de vorm en kleur van een goed spinazieblad heeft, wordt via perslucht uit de stroom verwijderd, ook aanwezige onkruidelen. De volledige schoning gebeurt dus machinaal, er komen geen arbeiders aan te pas. De machines kunnen tijdens het verwerkingsproces onzuiverheden maar tot in een beperkte mate uitsorteren (Goudeseune, 2019).

Na blanchering wordt de spinazie, wegens gevaar op bacteriële aantasting, zo snel mogelijk tot onder 20 °C gekoeld door middel van koud water. Geportioneerde blad- en pureespinazie passeert 3 keer de vriestunnel (-26 °C), na de eerste passage is de spinazie deels bevroren waardoor ze nog kneedbaar maar al wat 'kleverig' is, waardoor ze portioneerbaar wordt. Bij pureespinazie wordt deze vlak voor het portioneren gemalen. Bij IQF (Individual Quick Frozen) spinazie passeren de individuele bladeren na afkoelen 1 keer de vriestunnel. Bereide spinaziegerechten (bijvoorbeeld spinazie met room) worden via een pello-vriezer ingevroren: na het afkoelen wordt de spinazie vermengd met bijvoorbeeld room, en in een mal ingevroren. Vervolgens volgt het verpakkingproces van de spinazie in diepvrieszakjes. Verder kan pureespinazie ook in gesteriliseerde bokalen bewaard worden (conservenindustrie) (Goudeseune, 2019).

2.2.2.1.2 *Kwaliteitsnormen*

Met het oog op een kwalitatief eindproduct worden meerdere veldkeuringen uitgevoerd (zigzagpatroon). De eerste wordt vlak na zaai uitgevoerd, ter controle van het goed onderwerken van oogstresten. Later in de teelt controleert de teeltbegeleider vooral op ziekten, plagen, bemestingstoestand (geel blad) en onkruid (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Onderstaande kwaliteitseisen voor industriële verwerking gelden voor zowel biologische als gangbare spinazie, de consument eist dezelfde kwaliteit op zijn bord (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019). Om te bepalen of de afgeleverde spinazie voldoet, wordt aanbevolen een monster van 4 kg per lading van 10 ton te nemen, en minstens op 4 plaatsen in de container. Het monster dient volledig getarreerd te worden (Inagro, 2010).

2.2.2.1.3 Chemische kwaliteitseisen

De Europese wetgeving bevat normen inzake de chemische kwaliteit van voeding, zoals het Cd-gehalte (Europese Raad, 2015). Het Cd gehalte mag maximum 0.2 ppm op verse stof bedragen. Cd kan van nature in de grond voorkomen, maar komt vaak in hogere concentraties voor rond zware industriezones of autostrades, of op velden waar in het verleden ijzerslakken als fosforbemesting werden toegepast. Voor de teelt wordt aangevangen, wordt een bodemanalyse op Cd uitgevoerd (Verdure, 2019). Verder dient ook de zuurtegraad van de bodem in orde te zijn (Liang *et al.*, 2013; Kumarpandit *et al.*, 2017;). Als de pH lager is, is er meer risico op een te hoge Cd-concentratie in het gewas. Bij een goede pH kan ondanks hoge Cd-bodemconcentratie een goed spinaziegewas geteeld worden. De streefwaarden voor pH bedragen 5-5.5 voor zand, 5.5-6 voor zandleem en 6-6.5 voor leem; de pH moet zeker hoger zijn dan de ondergrens. Verder kan een vlotte groei hoge Cd-concentraties ook beletten, een groeistilstand door droogtestress kan immers opnieuw problemen leveren (Verdure, 2019). Zuurminnende onkruiden (bijvoorbeeld *Spergula arvensis* L. (gewone spurrie)) zijn omwille van deze pH-eisen slechts van geringe betekenis in spinazie (Karcauskiene *et al.*, 2016).

Volgens de wet mag het nitraatgehalte van een afgewerkt eindproduct zoals diepgevroren spinazie 2 000 ppm niet overschrijden. Om hieraan te kunnen voldoen, wordt het maximum nitraatgehalte van verse spinazie in het teeltcontract op 2 500 ppm gesteld. Voornamelijk de bemesting speelt hierin een rol (Europese Raad, 2015; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019). Ook de rassen kunnen onderling verschillen. In een rassenproef gangbare voorjaarsspinazie schommelden de nitraatwaarden van 2 200 ppm tot 3 854 ppm (Inagro, 2019), in een rassenproef gangbare najaarsspinazie van 1 690 tot 3 598 ppm (Inagro, 2016b). Baumgarten *et al.* (2008) vermeldt een range van 345 tot 3 890 ppm nitraat die spinazie kan bevatten.

Spinazie moet voldoen aan de wettelijke normen in verband met het residu aan gewasbeschermingsmiddelen toegelaten voor het teeltsysteem (biologisch of gangbaar). Er mogen geen teeltvreemde gewasbeschermingsmiddelen teruggevonden worden (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

2.2.2.1.4 Zuiverheid

Aarde en stenen, onkruiden, worteldelen, vrij water worden als tarra beschouwd. Wanneer de spinazie dauwnat staat, wordt 5 % getarreed, bij lichte regen 10 % en bij zware regen 15 % (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Het gemaaide product mag geen vreemde voorwerpen bevatten, zoals zwerfvuil, koolstronken (*Brassica oleracea* L. spp.) of maïsstoppels (*Zea mays* L.), boombladeren, -vruchten en -takken, aardappelopslag (*Solanum tuberosum* L.), levende onkruiden of stalmest. Er worden geen contracten opgemaakt indien het perceel grenst aan een bomenrij, bos... De akkerrand wordt beschouwd als meer veronkruid, door de verontreiniging die hiermee gepaard gaat wordt een strook van 1 m langs de perceelsgrens teeltvrij gehouden. Verder kan een perceelsrand langs de weg zwerfvuil bevatten (Unigrow, B.N.D. Internationale telersvereniging, Vegebe, Inagro, 2020; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Terwijl bij bladspinazie een nultolerantie geldt voor alle onkruidsoorten wegens zichtbaarheid in het eindproduct, kan voor verwerking tot pureespinazie bepaalde onkruidsoorten tot een zekere hoeveelheid getolereerd worden, zolang ze geur en smaak niet merkbaar beïnvloeden. Om nog in aanmerking te komen voor pureespinazie, vereisen teeltcontracten van Ardo en Greenyard expliciet van het product afwezigheid van aardappelopslag (toxisch), *Solanum nigrum* L. (zwarte nachtschade; toxisch) en *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (herderstasje; zaadstengels blijven na pureren zichtbaar). Verder mag de spinazie minder dan 1 % *Urtica* spp., (brandnetels; kleuren zwart in geblancheerde product) (voornamelijk *Urtica urens* L. (kleine brandnetel) op het veld te vinden) en/of *Stellaria media* L. (vogelmuur) bevatten. Ook bij aanwezigheid van andere ongewenste onkruiden die niet expliciet in het teeltcontract vermeld worden, zoals *Datura stramonium* L. (doornappel; toxiciteit), *Persicaria amphibia* (L.) Gray (veenwortel; draderigheid), *Mercurialis annua* L. (tuinbingelkruid; vreemde geur en toxiciteit), *Fallopia convolvulus* (L.) Å. Löve (zwaluw tong; draderigheid), *Convolvulus* spp. (*Convolvulus arvensis* L., akkerwinde en *Convolvulus sepium* L., haagwinde; draderigheid), wordt het perceel gedeeltelijk of volledig geweigerd (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

2.2.2.1.5 Productvereisten

De steellengte van bladspinazie mag niet meer dan 5 à 6 cm bedragen, voor pureespinazie 15 cm. De gewichtsverhoudingen bladsteel/totale afgemaaide biomassa bedragen maximaal 20 % voor bladspinazie, en 35 % voor puree (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Verkleurde, gele en bruine, en afgestorven bladeren, bladeren door wolf (*Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae*, Pfs) aangetast, bladeren met mineergangen (*Pegomya betae* (Curtis)) en schietstengels worden ook als tarra beschouwd. Een gescheurd blad vormt geen probleem. Wanneer de spinaziebladeren deze defecten wel vertonen, komt deze spinazie niet meer in aanmerking voor verwerking tot bladspinazie. Indien het product maximaal 5 % vergeelde bladeren, 5 % bladeren met wolf of mineergangen (*Pegomya betae* (Curtis), bietenvlieg), 5 % schietstengels bevat, kan dit product wel nog tot pureespinazie verwerkt worden (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

2.2.2.2 Versmarkt

De versmarkt kent drie soorten spinazie. Babyleaf-spinazie wordt met steel gesneden bij een gewashoogte van 7 à 9 cm. Verder is er geplukte bladspinazie en spinazie met steel (gesneden) (Decadt, 2019).

Spinazie voor de verse markt mag 3500 ppm nitraat op verse massa bevatten, wat een pak meer is dan spinazie voor de verwerkende industrie. Andere gestelde chemische kwaliteitseisen (zware metalen als Pb (0.30 mg kg⁻¹ vers product) en Cd (0.20 mg kg⁻¹ vers product) zijn dezelfde (Europese Raad, 2015). Deze vereisten zijn weliswaar eenvoudiger te halen bij industriële verwerking door uitloging bij het productieproces (Verdure, 2019).

Naast de eis van een schoon, vers, gezond, groen gewas, mag er geen bloemstengel te vinden zijn. Verder mag het product ook geen enkele onzuiverheid bevatten. Alle spinazie aan de REO veiling aangevoerd, wordt manueel geoogst. Eventuele onkruiden dienen bij de oogst verwijderd te worden. Het arbeidsrendement daalt naarmate er meer onkruid uit het gewas te scheiden valt (Decadt, 2019; Dewaele *et al.*, 2015). Spinazieloten die voldoen aan deze minimumeisen worden verder ingedeeld naar kwaliteitsklasse rekening houdend met extra criteria (Tabel 2.4).

Tabel 2.4 Kwaliteitsklassen en hun bijhorende eisen (Decadt, 2019).

Kwaliteitsklassen	Criteria
EE	Uitstekende kwaliteit, uniform, vrij van vorst- en vraatschade, bladsteel korter dan 5 cm, minimum doormeter blad 10 cm
E	Uitstekende kwaliteit, uniform, vrij van vorst- en vraatschade, bladsteel korter dan 10 cm, minimum doormeter blad 5 cm
A1	Goede kwaliteit, vrij gelijkmatige sortering, bladsteel korter dan 10 cm
B1	Redelijke kwaliteit, minder ontwikkeld blad, lichte kleurafwijking toegestaan, bladsteel korter dan 10 cm
2	Voldoet aan minimumeisen, maar kan niet in een hogere kwaliteitsklasse gecatalogeerd worden

2.2.3 Teeltechnische aspecten

2.2.3.1 Teeltcyclus en plaats in de rotatie

Spinazie kan jaarrond in openlucht geteeld worden. Voor industriële doeleinden wordt enkel voorjaars-, najaars- en winterteelt uitgevoerd. Zomerteelt brengt minder biomassa op, bovendien maken irrigatiekosten deze teelt niet interessant (Goudeseune, 2019). De hoge temperaturen en lange dagen bevorderen het vroegtijdig opschieten van de spinazieplanten. Bovendien ontwikkelt het gewas – bij voldoende bodemvocht – zeer snel, waardoor de industrie niet kan volgen met het verwerken van de oogst (vooraleer ook zomerrassen opschieten). De veredeling werkt aan rassen die voldoende bladbiomassa aanmaken vooraleer in de generatieve fase te treden, en traag schieten, daar een voldoende breed oogstvenster vereist is (Rijk Zwaan, 2018; Decroos, 2020).

De spinazieteelt kan na allerlei teelten (spinazie, akkerbouwteelten, vroege groenten bij najaarsteelt...) worden opgezet. Ter preventie van kiemschimmels (*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*) wordt spinazie best niet te veel na elkaar gezet. Aardappelen vormen een mindere voorvrucht door (eventuele) opslag en aanwezigheid van Coloradokevers (moeilijk te verwijderen). Het teeltprotocol gangbare spinazie van Ardo raadt aan een behandeling van de aardappelen met maleïnehydrazide uit te voeren om problemen met opslag te vermijden. Ook gerst (*Hordeum vulgare* L.) als voorvrucht verdient geen voorkeur voor najaarsteelt, wegens het achterlaten van een te droge en magere grond (N-immobilisatie door mineralisatie stoppel). Verder dienen meer herbicidebehandelingen toegepast te worden voor opslagbestrijding van gerst, met risico op bladverbranding en dode resten van de gerstplant in het gemaaid product. In de biologische teelt worden aardappelen, gerst en andere gewassen die opslag in het volggewas kunnen leveren dus sowieso beter gemedend. Bij (voorjaars)spinazie is het van belang dat de voorvrucht in het achterjaar of de winter een goede structuur achterliet. Percelen waarbij geroid werd in moeilijke omstandigheden zijn dus uit den boze (eigen risico teler) (de Kraker *et al.* 1991; Seaman, 2016; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

(Biologische) telers ontwerpen zelf best een vruchtwisseling waarbij spinazie na een aantal zaadbankuitputtende gewassen volgt. De zaadbank wordt best zo klein mogelijk gehouden (Lichtenhahn *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 2009; Seaman, 2016).

Uit onderstaande tabellen, Tabel 2.5 en Tabel 2.6, valt af te leiden dat voor-/ najaarsspinazie in zo'n 6 tot 8 weken volgroeid is. Gangbare rassenproeven van Inagro geven een teeltduur van 41 (vroege en middelvroege rassen) tot 45 dagen (late rassen) aan voor voorjaarsspinazie (Inagro, 2019). Bij deze rassenproeven duurt najaarsteelt enkele dagen langer: 47 à 50 dagen voor de vroege rassen, 57 dagen voor de middelvroege en 62 voor de late rassen (Inagro, 2016b). Bij de geteste rassen hadden de latere rassen bij proefoogst meer biomassa geproduceerd in het voorjaar, in het najaar was deze trend onduidelijk (ondanks de langere groeiduur). Verder vertoonden de vroegste rassen in het voorjaar sneller schot bij éénzelfde groeiduur.

Tabel 2.5 Teeltperiodes Ardo en verwerkt areaal Ardo België (Verdure, 2019).

	Zaaivenster	Maaivenster	Areaal gangbaar (ha)	Areaal bio (ha)
Winter	25/9 – 25/10	1/4 - 1/5	350	0
Voorjaar	1/3 – 15/5 (1/6)	1/5 - 1/7	700	0
Najaar	(15/7) 1/8 – 5/9	1/9 - 5/11	500	11

Tabel 2.6 Teeltperiodes Greenyard en verwerkt areaal Greenyard Frozen Belgium (Goudeseune, 2019).

	Zaaivenster	Maaivenster	Areaal gangbaar (ha)	Areaal bio (ha)
Winter	25/9 – 25/10	1/4 - 1/5	250	0
Voorjaar	15/3 (bio 1/4)– 15/5	10/5 - 10/7	550	100
Najaar	(15/7) 1/8 – 15/8	15/9 - 30/9	100	0

Biologische spinazieteelt betreft meestal voor- of najaarsteelt. Goudeseune (2019) geeft aan dat biospinazie maar ten vroegste begin april wordt gezaaid. De bodem heeft dan een betere draagkracht wat nodig is voor vlotte en effectieve mechanische onkruidbehandelingen, naast de betere weersomstandigheden voor deze mechanische onkruidbestrijding zelf. Het oogstmoment hangt af van de gewashoogte, grootte van de schietstengel, mate van schimmelaantasting en geelverkleuring. Om voldoende hoge kwaliteit te maaien dient desnoods eerder gemaaid te worden (Verdure, 2019; Smedts, 2019). Veel biospinazie wordt getransporteerd vanuit de Flevopolder, door het iets koelere klimaat wordt er nog voorjaarsspinazie gemaaid tot 20 juli. Ook kiest Greenyard ervoor vroeger te stoppen met najaarsspinazie daar de kwaliteit soms te wensen overlaat in het late najaar, omwille van hagel, langdurige bladnatperiode met 'waterzieke' spinazie als gevolg, wolf (*Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae*). Ook onkruidbestrijding kan door de nattere najaarsomstandigheden verstoord worden (Goudeseune, 2019). Verdure (2019) meldt dat in de Flevopolder zo'n 2/3 van de biospinazie (industrie) in het voorjaar geteeld wordt, en 1/3 in het najaar. Biologische winterspinazie wordt nauwelijks geteeld gezien de problematische onkruidbestrijding als gevolg van de langere duur tot sluiting van het bladerdek, en het nattere herfstweer (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

2.2.3.2 Bodem

Spinazie vraagt een vruchtbare, goed gestructureerde bodem met goede waterhuishouding, door zijn snelle groei en ondiep bewortelingsprofiel. Vroege spinazie wordt omwille van de bodembewerkbaarheid best op lichte zandgrond geteeld. Latere teelten kunnen ook op iets zwaardere, humeuze bodems plaats vinden. Voornamelijk de texturen zand tot leem komen hierbij in aanmerking (de Kraker *et al.*, 1991; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Om vreemd materiaal (oogstresten) in het gemaaid gewas te voorkomen, vragen diepvriesfabrieken telers sowieso te ploegen. Winterspinazie wordt bij voorkeur op hellende percelen geteeld, om geen problemen met overvloedige regen te bekomen. Vandaar komt de teelt van winterspinazie in Nederland nauwelijks voor. Verder wordt er getracht in verschillende streken te telen (range van Noord-Frankrijk tot Zuid-Nederland voor West-Vlaamse vestigingen) opdat slechte weersomstandigheden niet de volledige spinazieoogst zouden vernielen (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Berekening is zo goed als noodzakelijk om een goede en kwalitatieve oogst te bekomen, zeker bij (late) winterspinazie en voorjaarsspinazie. Wanneer er droogtestress optreedt, kan de spinazie als reactie vroegtijdig doorschieten. Verder wordt de N-opname bemoeilijkt, wat meer geel blad en lagere opbrengsten kan veroorzaken (de Kraker *et al.*, 1991; Le Strange *et al.*, 2003; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

2.2.3.3 Zaai

Een uniforme, snelle opkomst, vereist een los, fijn en effen zaaibed. Zo kan een uniforme zaaidiepte en gelijkmatige opkomst bekomen worden. Daar er met een maaibalk geoogst wordt, dient ook hiervoor een zo vlak mogelijk zaaibed aangemaakt te worden. Verder is het van belang dat de grond voldoende vocht bevat (de Kraker *et al.*, 1991; Verdure, 2019). Dit bevordert de competitiviteit van het gewas. Niet gekiemde spinazieplanten verlaten het sluiten van het bladerdek waardoor onkruid zich langer kan vestigen (Tei *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 2009; Smedts, 2019). Bovendien bemoeilijkt een tweewassigheid de mechanische of chemische onkruidbestrijding (Lichtenhahn *et al.* 2002; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Standaard wordt gezaaid op 12.5 cm rijenafstand, met een gewone pneumatische graanzaaimachine of een precisiezaaimachine. In het voorjaar zaait de loonwerker aan een dalende zaaidensiteit van 3.5 miljoen zaden ha⁻¹ begin maart tot 2.5 miljoen zaden eind mei. In het najaar nemen de zaaidensiteiten weer toe ter voorkoming van een ijlere standdichtheid door koudere kiemomstandigheden. Ook in drogere omstandigheden, waarbij dus een mindere kieming verwacht wordt, kan voor een voldoende standdichtheid een hogere zaaidensiteit te verantwoorden zijn. Sommige biotelers kiezen ervoor om te schoffelen, de rijenafstand dient daarvoor te vergroten (naar 20 à 30 cm) (Verdure, 2019; Smedts, 2019).

Voor de verse markt wordt veel dichter gezaaid. De Kraker *et al.* (1991) melden densiteiten van 4 à 8 kg are⁻¹ voor zeer vroege teelt (zaai december/januari), tot 1.5 kg are⁻¹ voor zomerteelt en 3 kg are⁻¹ voor voorjaars- en najaarsteelten. Voor een gemiddeld duizendkorrelgewicht van 11 g, komt dit neer op 36 tot 73 miljoen zaden ha⁻¹ voor zeer vroege teelt, 13.6 miljoen zaden ha⁻¹ voor zomerteelt en 27 miljoen zaden ha⁻¹ voor voorjaars- en najaarsteelten. De dichtere stand zorgt voor meer intraspecifieke competitie waardoor de bladeren klein blijven.

2.2.3.4 Rassenkeuze

De rassenkeuze wordt in eerste instantie bepaald door het seizoen. In koudere periodes (vroege voorjaar, late najaar) worden de groeikrachtigere (vroege) rassen verkozen en is schotgevoeligheid van minder belang dan in warmere periodes. Hierbij worden de rassen gebruikt die voor deze specifieke periode door de zaadcatalogus aangegeven zijn (Rijk Zwaan, 2018; Pop vriend seeds, 2019). Wanneer de weersvoorspellingen een regenachtige week aankondigen, worden er voor de regen tragere (latere) rassen, en na deze regen snellere (vroegere) rassen gezaaid, om een continue oogst en verwerking te kunnen garanderen. Voor biologische teelt worden snellere groeiers verkozen daar deze rassen meer competitiekracht ten opzichte van het onkruid bezitten (sneller onderdrukken). Deze spinazie wordt dan tussen de verwerking van gangbare spinazie ingepast, daar de verwerkingslijnen voor spinazie ingesteld staan. Verder speelt de resistentie tegen wolf (*Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae*) een grote rol, daar het aanbod fungiciden in gangbare teelt beperkt en in bioteelt onbestaand is (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

In industriële spinazie worden 2 types onderscheiden: gewone en Japanse types (Figuur 2.1). Dit zijn geen ondersoorten van *Spinacia oleracea* L., taxonomisch worden ze gelijk geklasseerd. Deze types zijn in de loop der tijd door evolutie ontstaan. In Noordwest-Europa worden Japanse types enkel in de heel late herfst- en winterteelt toegepast daar ze bij lage temperatuur en korte daglengtes nog groeien. Japanse types vertonen in het voorjaar sneller neiging tot schieten dan gewone types. Via selectie bestaan er ook traagschietende Japanse types, maar deze worden in Europa niet geteeld (Verdure, 2019; Decroos, 2020).

Rassen van het Japanse type bezitten langere stelen en het blad is meer ingesneden. Verder is het blad ook iets kleiner. Bij éézelfde gewashoogte bevat een Japans type bij oogst een hoger percentage bladstelen (Decroos, 2020). Rassenproeven van winterspinazie tonen duidelijk de verschillen tussen Japanse en gewone types, het aandeel blad in de geoogste massa bedraagt bij Japanse en gewone types gemiddeld respectievelijk 67 en 75 % in 2014 en 68 en 78 % in 2015 (Inagro, 2015; Inagro, 2016a). De veredeling maakt werk van Japanse types met een lager bladsteelaandeel in de totale gemaaide biomassa (Decroos, 2020).



Figuur 2.1 Links het ras Kangaroo (Rijk Zwaan), een Japans type; rechts Baboon (Rijk Zwaan), een gewoon, gladbadig type (Rijk Zwaan, 2020).

2.2.3.5 Ziekten en plagen

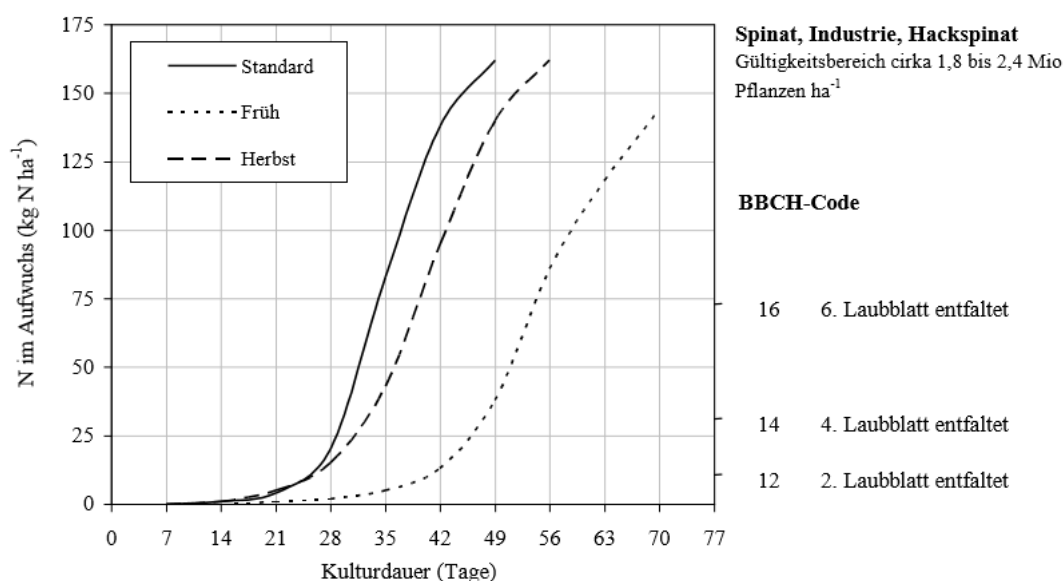
Onkruiden in of naast het veld kunnen insecten, pathogenen, nematoden... huisvesten die de spinazie kunnen schaden (Smith *et al.*, 2009).

Vanaf begin juni komen de eerste rupsen voor. Deze rupsen kunnen in de verdere verwerking moeilijk verwijderd worden en brengen vraatschade aan indien de spinazie nog lange tijd op het veld moet staan. In samenspraak met de verwerkende industrie wordt al dan niet tot een behandeling met een (biologisch) insecticide overgegaan. Residuwaarden mogen immers niet overschreden worden (Verdure, 2019). Verder komen ook *Delia platura* (Meigen) (bonenvlieg; vraat aan kiemplanten) en *Pegomya betae* (Curtis) (bietenvlieg; mineergangen) voor (Inra, 2019a; Inra, 2019b). Goed inwerken van oogstresten beperkt de plaagdruk van bonenvlieg, daar de larven op afstervend plantenmateriaal (oogstresten) kunnen overleven (Goudeseune, 2019; Verdure; 2019; Inra, 2019 a). Het veld is best vrij van *Chenopodium album* L., *Solanum nigrum* L., *Stellaria media* L., *Plantago* spp. en andere waardplanten om schade door *Pegomya betae* (Curtis) te vermijden. Ook naburige velden met bieten of spinazie kunnen een bron van *Pegomya betae* (Curtis) zijn (Seaman, 2016).

Naar schimmelziekten toe kan vooral wolf (*Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae*) (kwaliteits)problemen veroorzaken. Er zijn zo'n 17 pathotypes bekend (Corell, 2019). Om fungicideresidu's te beperken, worden rassen gebruikt welke resistent zijn tegen zoveel mogelijk pathotypes (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

2.2.3.6 Bemesting

Spinazie reageert sterk op een uitgebalanceerde bemesting (Montemurro, 2015). Ondanks de korte groeiperiode neemt dit gewas veel N op, en dat voornamelijk in het laatste deel van de teeltcyclus (Figuur 2.2). Hoewel problemen met nitraat in biologische teelt minder voor komen (wegens het trager beschikbaar komen van N in organische meststoffen), moet de bemesting nauwkeurig afgestemd worden. Hiervoor dient steeds een bodemanalyse op stikstof uitgevoerd te worden. Om aan de N-behoefte van industriespinazie te voldoen, zijn er zo'n 180 à 200 éenheden vereist (de Kraker, 1991; Baumgarten *et al.*, 2008; Feller *et al.*, 2011; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019; Smedts, 2019). Voor versmarktspinazie is dit 140 éenheden voor gewone spinazie en 100 éenheden voor babyleaf (Feller *et al.*, 2011). Er moet steeds een minimale voorraad van 40 éenheden aanwezig zijn in de bovenste 30 cm om geel blad te vermijden (Baumgarten *et al.*, 2008; Feller *et al.*, 2011). Om problemen met te hoge nitraatconcentratie in het blad en reststikstof in de bodem (door te veel N) enerzijds, en anderzijds geel blad te vermijden (door te weinig N), kan de N-gift weinig gevarieerd worden om onkruiden te beïnvloeden; nitrofiële onkruiden vinden aldus een ideale habitat op een spinazieperceel.



Figuur 2.2 N-opname van industriespinazie. Opmerkelijk is de snelle stijging vanaf groeiweek 4 (Feller *et al.*, 2011).
Kulturdauer = dagen na zaai; N im Aufwuchs = Opgenomen N; Früh = vroege spinazie; Herbst = herfstspinazie

Montemurro (2015) testte in 2008 en 2009 verschillende experimentele organische meststoffen: composten gemaakt uit een mengeling van olijvenpulp, snoeiafval en mest, een anaeroob digestaat en een organische handelsmeststof als referentie. De compostmengsels hadden een hoog (45) of lage (30) C/N-verhouding voor vertering en het compostingsproces werd afgebroken of de compost rijpte volledig uit. De onderzoekers ondervonden dat bij dezelfde hoeveelheid toegediende N via organische bemesting (200 kg N ha⁻¹) de opbrengst en gevormde LAI (Leaf Area Index) verschilden, ten gevolge van verschillen in mineralisatiesnelheid en uitloging van N. Naar opbrengst en LAI scoorde het digestaat in 2008 en de organische handelsmeststof 2009 het best (38.9 en 20.8 ton ha⁻¹ en LAI 6.31 en 3.31 respectievelijk). Digestaat bevat veel NH₄-N, die snel genitrificeerd kan worden en ter beschikking van het gewas staat. Van de vier compostmengsels scoort een hoge C/N en onvolledige rijping het slechtst naar opbrengst en LAI (9.57 en 4.97 ton ha⁻¹ en LAI 1.55 en 0.78 in respectievelijk 2008 en 2009), lage C/N scoorde het hoogst (in 2008 de onuitgerijpte versie met 17.3 ton ha⁻¹ en LAI 2.85, in 2009 de uitgerijpte versie met 10.8 ton ha⁻¹ en LAI 1.54, al verschilden beide mengsels niet significant in beide jaren (p≤0.05)).

Volgens de huidige Vlaamse mestwetgeving (MAP VI) kan maximaal 170 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ via dierlijke mest toegediend worden. Verder mag, afhankelijk van het gebiedstype, tot maximaal 160 kg N ha⁻¹ op zand en 180 kg N ha⁻¹ op niet-zandgrond toegediend worden aan een enkele teelt van groenten uit groep II, waaronder spinazie (VLM, 2020).

Verder heeft industriespinazie een behoefte van 40 kg P₂O₅, 180 kg K₂O en 10 kg MgO (Baumgarten *et al.*, 2008). De mestwetgeving laat voor groenten uit groep II een P₂O₅ bemesting toe van 45 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ voor klasse IV percelen tot 85 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ voor klasse I percelen (VLM, 2020).

2.2.3.7 Oogst

Om de fabriek continu draaiend te houden, wordt naast de rassenkeuze en zaaitijdstip ook oogst en transport volledig door de verwerkende industrie geregeld.

De maaihoogte hangt af van de gemiddelde steellengte van het gewas, de eindbestemming van de spinazie en de hiermee geassocieerde kwaliteits- en zuiverheidseisen. Deze hoogte varieert doorgaans tussen 5 à 8 cm, waarbij als vuistregel 25 à 27 cm gewashoogte als oogstrijpheid wordt gehanteerd. Het oogsttijdstip hangt verder af van het schietstadium van de spinazie. Als de spinazie te ver doorgesloten is, komt ze niet meer in aanmerking voor bladspinazie. Met andere woorden, de top van de schietstengel moet zich onder de maaihoogte bevinden. Zolang de spinazie niet schiet, en de kwaliteit (verouderd geel blad, ziekten) niet achteruit gaat, kan de spinazie verder groeien. Zo kan spinazie ook in een ouder stadium, voorbeeld bij een gewashoogte van 35 cm gemaaid worden, mits de maaihoogte bijvoorbeeld 12 à 14 cm bedraagt (het gewenste aandeel bladsteel moet nog steeds gerespecteerd worden, alsook zal een ouder gewas meer verouderd blad bezitten dat door de hogere maaihoogte wordt achtergelaten). Ook kunnen dicht bij de grond groeiende onkruiden (vb. *Poa annua* L., straatgras) via instelling van de maaihoogte geëlimineerd worden (Tei *et al.*, 2002; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

2.2.3.8 Opbrengst

Tabel 2.7 vermeldt de gemiddelde verse opbrengst aan biologische en gangbare spinazie bij gegeven bladsteelaandeel. Indien de klant spinazie van hogere kwaliteit – kleiner bladsteelaandeel - wenst, kan de hoeveelheid steel verlaagd worden door hoger te maaien (afhankelijk van het gewas bijvoorbeeld 10 cm bij gewashoogte van 25 cm). Pureespinazie haalt een hogere opbrengst door meer steelmassa toe te laten (lager maaien) (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Tabel 2.7 Uitbetaling en geschatte spinazieopbrengst volgens teeltcontract 2019 Ardo. Het aandeel bladsteel in de tabel is het meest courante bladsteelaandeel in de gehele industrie. Ardo maakt onderscheid in bladsteelaandeel bladspinazie ≤12 %, 12.1 % - 20 % (gangbaar ook ≤10 %); onderscheid pureespinazie in bladsteelaandeel 20.1 % - 30 %; >30%. De geleverde meeropbrengst wordt uitbetaald aan 50 % van de uitbetaalde prijs per ton bij normale opbrengst. Het maximum bladsteelaandeel bedraagt bij bladspinazie 20 % en bij pureespinazie 35 %.

Teeltseizoen	Bestemming	Aandeel bladstelen (%)	Verse opbrengst (ton ha ⁻¹)		Uitbetaald (€ ha ⁻¹)	
			Gangbaar	Biologisch	Gangbaar	Biologisch
Voorjaar	Blad	12 - 20	25	15	2 200	4 725
	Puree	30 - 35	38.5	17		
Najaar	Blad	12 - 20	25	15	2 200	4 725
	Puree	30 - 35	38.5	17		

Prijzen bij normale opbrengst en bovenstaande bladsteelaandelen volgens teeltcontract 2019 Ardo: gangbaar voor-/najaar € 88 ton⁻¹ blad en € 57 ton⁻¹ puree, biologisch voor-/najaar € 315 blad en € 280 puree. Bij een lager bladsteelaandeel zal de prijs per ton stijgen maar de uitbetaling per ha blijft gelijk bij normale opbrengst. De lagere opbrengst door het hoger maaien (minder stelen) wordt zo gecompenseerd. In vergelijking met Ardo, houdt Greenyard (2019) dezelfde contractprijs per ton aan voor gangbare teelt (maximaal toegelaten bladsteelaandeel 15 % blad, 25 % puree), maar heeft een hogere contractprijs voor bioteelt (blad € 330 ton⁻¹, puree € 300). Gangbare winterspinazie wordt bij een iets hogere prijs per ton (€ 96 blad en € 70 puree bij Greenyard) uitbetaald dan voorjaars- en najaarsspinazie, daar de geschatte opbrengst lager is (22.5 ton ha⁻¹ blad en 31 ton ha⁻¹ puree). Greenyard maakt in zijn contract geen onderscheid in hoog of laag aandeel bladsteel, en biedt hierin dus geen verschillende ranges aan.

De opbrengst aan biologische bladspinazie bedraagt 60 % (voorjaar) tot 81 % (najaar) van de opbrengst gangbare spinazie. Bij pureespinazie haalt de biologische spinazie slechts 44 % van het tonnage dat een ha gangbare spinazie levert. Dit valt hoofdzakelijk te wijten aan niet kunnen bemesten met kunstmest, de biomassa aan spinazie is sterk gecorreleerd met de hoeveelheid plantopneembare stikstof in de bodem (Schenk *et al.*, 1991; Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

2.2.3.9 Economie onkruidbeheersing

In de biologische teelt wordt er zo'n 2 uur ha⁻¹ aan vals zaaibedbehandelingen besteed. De wiedegbeurten in voor- en na-opkomst nemen zo'n 5 uur ha⁻¹ in beslag. Kleigrond behoeft dan nog zo'n 2 uur handwieden, door de hogere onkruiddruk loopt dit op zandgrond op tot 7 uur (Casemier, 2020). Laarakker Bio rekent voor handwieden zo'n 20 uur ha⁻¹ (Smedts, 2019). Volgens de 29^e uitgave van de KWIN-AGV (Kwalitatieve Informatie voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt) kruipt er zo'n 15 uur ha⁻¹ in de biologische spinazieteelt (4 uur grondbewerking, 1 uur beregenen, 10 uur handwieden, zaaien en oogsten is loonwerk) (Spruijt & van der Voort, 2015). Onkruidbeheersing heeft met meer dan de helft van het totale aantal arbeidsuren ha⁻¹ dus duidelijk het grootste aandeel in de arbeidsbesteding, en dan voornamelijk het handwieden. Afhankelijk van de plaagdruk (biologische gewasbeschermingsmiddelen) en weersomstandigheden (irrigatie) kan het aantal arbeidsuren die niet aan onkruidbeheersing besteed worden, uiteraard ook variëren. Ter vergelijking, gangbare spinazie behoeft zo'n 7 uur ha⁻¹ arbeid (4 uur grondbewerking, 1 uur zaaien, 2 uur bespuitingen, oogsten is loonwerk) (Spruijt & van der Voort, 2015).

Lichtenhahn, *et al.* (2002) geven als vuistregel aan dat indien de kost van het handmatig wieden meer dan 33 % van de bruto financiële opbrengst bedraagt, er nauwelijks winst te verwachten is. Verder geven ze aan dat handarbeid onvermijdbaar is, als streefwaarde wordt 50 uur ha⁻¹ handarbeid gesteld, met een maximum van 100 uur ha⁻¹.

2.2.3.10 Probleemonkruiden

Het teeltprotocol van Ardo stelt als meest voorkomende onkruiden *Fumaria officinalis* L. (gewone duivenkervel), *Stellaria media* L., *Senecio vulgaris* L. (klein kruiskruid), *Galinsoga* spp. (*Galinsoga parviflora* Cav., kaal knopkruid en *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pavon, harig knopkruid,) en *Chenopodium album* L. (melganzevoet) (Verdure, 2019). Ook de onkruiden vermeld in 2.2.2.1.4 Zuiverheid: *Solanum nigrum* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik, *Urtica urens* L., *Datura stramonium* L., *Persicaria amphibia* (L.) Gray, *Mercurialis annua* L., *Fallopia convolvulus* (L.) Å. Löve en *Convolvulus* spp. (*Convolvulus arvensis* L. en *Convolvulus sepium* L.) leveren problemen omwille van concurrentie, toxiciteit, draderigheid... van het eindproduct (Verdure, 2019).

Om gedurende de volledige teelt zo weinig mogelijk onkruid te hebben, en zo weinig mogelijk manueel tussen te komen, dient voornamelijk voor zaai (vals zaaibed) en in de eerste weken na zaai (tijdens de teelt) ingegrepen te worden (Lichtenhahn *et al.*, 2002). Uit de teeltperiodes van voorjaars- en najaarsspinazie van biologische teelt, valt af te leiden dat april-mei (voorjaar) en (juli) augustus-september (najaar) de maanden zijn waarin onkruidbeheersing uitgevoerd wordt (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019). In Tabel 2.8 is de kiemperiodiciteit van de meest courante onkruiden in spinazie te vinden.

Uit deze kiemperiodiciteiten (Tabel 2.8) blijkt dat de meeste opgesomde onkruiden zowel in voorjaars- als najaarsteelt van (biologische) industriespinazie kunnen voorkomen.

Tabel 2.8 Kiemperiodiciteit van courant voorkomende/problematische onkruiden.

Soort	Familie	Eenjarig/Meerjarig	Kiemperiodiciteit	Bron
<i>Chenopodium album</i> L.	Amaranthaceae	Eenjarig	Lente en zomer, vnl. eind april en 2 ^{de} helft augustus	Williams (1963)
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Asteraceae	Eenjarig	(maart) april t./m. oktober	Roberts (1986)
<i>Senecio vulgaris</i> L.	Asteraceae	Eenjarig	Lage dormantie, kieming ganse groeiseizoen, hoogtepunt in mei	Roberts (1964)
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	Brassicaceae	Eenjarig	Februari tot november, met piek in mei en september	Roberts (1964)
<i>Stellaria media</i> L.	Caryophyllaceae	Eenjarig	Geen absolute kiemrust, kieming ganse jaar, vanaf 2°C en bij voldoende bodemvocht	van den Brand (1987)
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	Meerjarig	Worteluitlopers; kieming in lente en herfst	Salisbury (1961); Swain (1983)
<i>Convolvulus sepium</i> L.	Convolvulaceae	Meerjarig	Rizomen	Grime <i>et al.</i> (1988)
<i>Mercurialis annua</i> L.	Euphorbiaceae	Eenjarig	April tot midden oktober	Pacini (1990)
<i>Fumaria officinalis</i> L.	Papaveraceae	Eenjarig	Lente (februari tot april-mei) (meeste kieming) en herfst (september tot en met november)	Chancellor (1986)
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Å. Löve	Polygonaceae	Eenjarig	April tot augustus, met piek in april-mei	Lawson <i>et al.</i> (1974)
<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Gray	Polygonaceae	Meerjarig	Rizomen	Patridge (2001)
<i>Datura stramonium</i> L.	Solanaceae	Eenjarig	Mei t./m. augustus, nakieming tot eerste vorst	Stoller & Wax (1973); Weaver & Warwick (1984)
<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	Eenjarig	2 ^{de} helft april – eind juni (september)	van den Brand (1985); Roberts & Lockett (1978)
<i>Urtica urens</i> L.	Urticaceae	Eenjarig	Maart tot oktober, met pieken in april en juli	Roberts (1964)

2.2.4 Knelpunten

Biologische groentelers kiezen voor teelten waarbij de onkruidbeheersing vrij flexibel in tijd en bestrijdingsmogelijkheden is. Bijvoorbeeld geplante gewassen als kolen, deze kennen een brede rijenafstand, waardoor schoffelen en aanaarden vlot uitgevoerd kan worden, en waar bij slechte weersomstandigheden een week later ook nog ingegrepen kan worden. Bovendien hebben ze een voorsprong ten aanzien van het onkruid door het planten. Door de strenge kwalitatieve eisen van de (diepvries)industrie - naast het aandeel geel of bruin spinazieblad ook het aandeel onkruid en andere onzuiverheden - die even streng zijn voor gangbare als biologische teelt, en de beperkte periode waarin onkruid in spinazie mechanisch aangepakt kan worden (voor gewassluiting), hebben biotellers weinig interesse in de spinazieteelt. Gangbaar is het al moeilijk genoeg om een kwalitatief hoogwaardig spinaziegewas te telen (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Goudeseune (2019) en Verdure (2019) stellen dat bij een Belgische biospinazieteler tot 1 op 2 spinazieteelten mislukt, vaak omwille van de te grote aanwezigheid van onkruiden. Vooral de onkruidbeheersing in na-opkomst wordt als delicaat beschouwd, de vals zaaibedbehandelingen kunnen vrij eenvoudig zoals bij elk ander gewas uitgevoerd worden. De meest courante na-opkomstmethode, wiedegeen, kan pas kan in de korte periode waarin de planten al voldoende stevig verankerd zijn (2 eerste echte bladeren, BBCH 12), tot sluiting (5 à 6 echte bladeren, BBCH 15 à 16). In deze korte periode van zo'n 2 weken dient het weer voldoende droog te zijn om een optimaal bestrijdingsresultaat van het wiedegeen te bekomen. Onkruiden die dan niet bestreden raken, groeien met het gewas mee de hoogte in en dienen via handwieden verwijderd te worden. Telers hebben nood aan een niet-chemische strategie, bovenop het na-opkomstwiedegeen, die de onkruiddruk vanaf zaai tot oogst zo laag mogelijk houdt en zo het afkeuringspercentage door onkruid terugdringt (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

2.3 Onkruidbeheersing in biologische spinazieteelt

2.3.1 Systeembenadering

2.3.1.1 Inleiding

Industriespinazie vereist een nauwe rijafstand (10 - 15 cm) om een erecte bladstand voor mechanische oogst te bevorderen. Daar deze nauwe rijafstanden de mogelijkheden in mechanische onkruidbeheersing in na-opkomst beperken, is dit zaaiverband naar onkruidbestrijding toe enkel bij gebruik van herbiciden vlot toepasbaar (Tei *et al.*, 2002). In België zijn de in 2019 toegelaten actieve stoffen fenmedifam, clethodim, clopyralid, cycloxiidim, fluazifop-p-buthyl, lenacil, clomazon, ethofumesaat, chloorprofam en tri-allaat (Fytoweb, 2019c). Verder is er in 2019 een 120 - dagenregeling uitgevorderd voor asulam (1 maart – 28 juni) (Fytoweb, 2019b). In Frankrijk zijn chloorprofam, ethofumesaat, asulam en clethodim niet toegelaten in de spinazieteelt, de andere werkzame stoffen toegepast in de Belgische teelt wel. Het pakket herbiciden toegelaten in de Franse spinazieteelt is dus beperkter (E-Phy, 2019; Fytoweb, 2019c). Wegens het gebrek aan asulam en chloorprofam doen enkele Franse conventionele landbouwers al beroep op mechanische onkruidbeheersing met de wiedeg in na-opkomst (Goudeseune, 2019). Vanaf 8 oktober 2020 is het gebruik van chloorprofam in de Belgische spinazieteelt ook niet meer mogelijk (Fytoweb, 2019a). Standaard wordt zowel in vooropkomst (bodemherbicide) als in na-opkomst (selectief bladherbicide) een behandeling uitgevoerd, in sterk veronkruidde percelen wordt ook voor zaai een herbicide toegepast. Een herbicidetoepassing dient steeds op zo jong mogelijk onkruid toegepast te worden. Ouder onkruid is moeilijker te bestrijden en kan (al dan niet afgedood) in de gemaaide spinazie terecht komen (Verdure, 2019).

De biologische teelt van maaigewassen zoals spinazie en kruiden als peterselie (*Petroselinum crispum* (Mill.) A.W.Hill) kan voor de onkruidbeheersing niet steunen op herbiciden. De mechanische onkruidbestrijdingen dienen tijdens de correcte gewasstadia uitgevoerd te worden. Bij een te late mechanische bestrijding treedt immers te veel gewasschade op. Verder beperkt een volledig uitgevoerd pakket aan geslaagde behandelingen de hoeveelheid handwieduren verderop in de teelt. De aanleg van een vals zaaibed of cultuurmaatregelen zoals vruchtwisseling... kunnen risico op veronkruiding van het gewas alreeds preventief beperken (Lichtenhahn *et al.*, 2002).

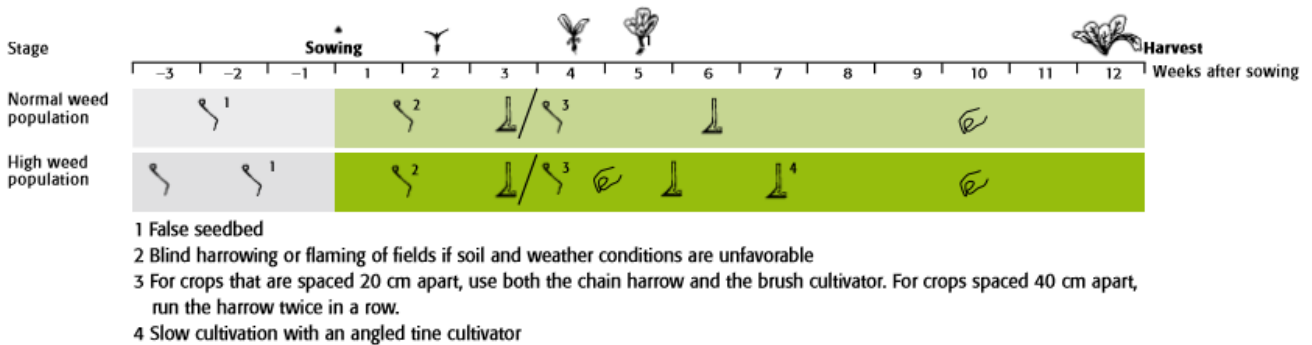
2.3.1.2 Hedendaagse systemen

Zoals in 2.2.1 Situering en belang wordt aangehaald, kent Nederland, voornamelijk dankzij de jonge kleigrond van de Flevopolder, een beduidende hoeveelheid biospinazie. De onkruiddruk op zandgrond is vaak te groot om met enkel mechanische tuigen en geen overmatig handwieden een voldoende kwalitatief product te bekomen (Casemier, 2020). Smedts (2019) vermeldt dat in Nederland 2 weken voor zaai steeds een vals zaaibed wordt aangelegd. Vlak voor zaai wordt er gewiedegd of zeer ondiep geschoffeld (1 à 2 cm). Eén dag na zaai wordt er opnieuw gewiedegd. Om de spinaziekiemlingen niet te beschadigen, wordt pas opnieuw gewiedegd wanneer de 2 eerste echte bladeren (BBCH 12) tevoorschijn komen. Afhankelijk van het weer wordt elke 3 dagen gewiedegd tot er te veel gewasschade optreedt (5 à 6 echte bladeren, BBCH 15 à 16). Indien er veel onkruid verwacht wordt (o.a. op zandgrond), branden sommige telers in vooropkomst (vlak voor BBCH 09, cotyledonen breken door bodemoppervlak). Schoffelen wordt weinig toegepast, voornamelijk wel indien er meerjarige onkruiden op het perceel aanwezig zijn. De zaaiafstand wordt dan aangepast van 12.5 cm naar 25 cm. Ook het schoffelen stopt wanneer de spinazie te veel bladbreuk ondervindt. Net voor het toegroeien wordt er, zowel bij wiedeggen als schoffelen in na-opkomst, handmatig nagewied (Smedts, 2019).

Lichtenhahn *et al.* (2002) geven onderstaand schema mee omtrent onkruidbeheersing in spinazie (Figuur 2.3). Ook hier wordt veel ingezet op wiedeggen, zowel op vals zaaibed als in vooropkomst [zogenaamde blindeggen; indien zaaidiepte > 3 cm en BBCH 05 à 07 ten laatste (kiemwortel breekt uit zaad à hypocotyl met kiemlobben breekt uit zaadhuid), de kiem dient nog voldoende diep te zitten]. Ook in na-opkomst kunnen telers tot het sluiten van de rijen de wiedeg inzetten. Bij een ruimere rijafstand (20 cm) wordt best tussen wiedeggen en schoffelen afgewisseld. Vlak voor of na regen wordt best geen behandeling uitgevoerd, door het gebrek aan drogende omstandigheden zal het onkruid niet afgedood worden (Lichtenhahn *et al.*, 2002).

Naast preventie via onder andere vals zaaibed, vruchtwisseling, het niet laten uitzaaien van aanwezige onkruiden in voorgaande teelten..., raden Lichtenhahn *et al.* (2002) sterk competitieve rassen en het stimuleren van de vulkracht aan om het onkruid te kunnen onderdrukken. In vooropkomst kan naast wiedeggen ook gebrand worden (ten laatste BBCH 09, groeipunt nog ondergronds) (zaaidiepte mag kleiner dan 3 cm zijn). Eventueel kan licht beregend worden in droge omstandigheden om onkruidkieming te stimuleren voor het branden. Om onkruid in de rij aan te pakken kan er heel licht aangeaard worden in het 4^{de} tot 6^{de} bladstadium (BBCH 14–16). Ook het wiedeggen pakt onkruiden in de rij aan (Figuur 2.3).

Spinach



Figuur 2.3 Onkruidbestrijdingsschema in de biologische spinazieteelt (Lichtenhahn et al., 2002). (chain harrow = wiedege, tine cultivator = tand cultivator)

Zeker jonge spinazieplanten bieden weinig competitie ten opzichte van onkruiden. Onkruidconcurrentie in dit stadium kan de groei-kracht en uniformiteit dermate beïnvloeden dat de spinazieopbrengst geschaad wordt (Smith et al., 2009). Eens het gewasdek gesloten is, mogen ook geen onkruiden voorkomen daar deze mee geogst worden met het gewas (Lichtenhahn et al., 2002).

2.3.2 Vals zaaibed

Een vals zaaibed is een techniek waarbij de niet-dormante zaden in de kiemzone (0 – 6 cm), de toplaag van het zaaibed dus, afgedood worden, vooraleer er een gewas geïnstalleerd wordt (Boyd et al., 2006). Hierbij wordt 2 à 4 weken voor gewasinstallatie de bodem zaaiklaar gelegd. Met een interval van 7 à 10 dagen worden de gekiemde onkruiden vervolgens afgedood (Lichtenhahn et al., 2002). De meest effectieve technieken verstoren de bodem zo beperkt mogelijk, om geen nieuwe niet-dormante zaden uit diepere lagen in de kiemzone te brengen. Voorbeelden hierbij zijn branden en herbiciden. Ook ondiepe bodembewerkingen kunnen als vals zaaibedbewerking dienen. Door de afname van niet-dormante zaden in de toplaag, is de onkruiddruk later tijdens de teelt van een gewas lager (Boyd et al., 2006).

Peruzzi et al. (2005) voerden in de Serchiovallei (Italië) onderzoek naar 3 verschillende methoden om onkruiden op het vals zaaibed te vernietigen voor zaai van voorjaarsspinazie, en de hoeveelheid en aantal onkruiden in het gewas volgend op het vals zaaibed: wiedege (2.2 cm – 3.8 cm diep), branden (38 kg LPG ha⁻¹) en rolschoffelen (3 tot 4 cm diep) (Tabel 2.9). Spinazie werd gezaaid aan 520 000 zaden ha⁻¹ (versmarkt), aan een interrijafstand van 20 cm, zonder bodemversturende behandeling bij zaai. Na opkomst werd 1 of 2 keer met een precisieschoffel (messen van 9 cm en met 2 flexibele overlappende torsiewiedegtanden opererend links en rechts van de gewasrij) door het gewas gereden. Onkruidbezetting werd steeds vlak voor en na de behandeling geteld.

Branden en rolschoffelen bleken effectievere vals zaaibedbehandelingen dan wiedege met reducties van onkruidbezetting op het vals zaaibed met 99.8 % en 99.4 % voor branden en rolschoffelen versus 97.8 % voor wiedege. Voor de eerste schoffelbeurt (na-opkomst) was de onkruidbezetting significant het grootst (311 planten m⁻²) in plots die op vals zaaibed gebrand zijn geweest en het laagst (133 planten m⁻²) in plots die op vals zaaibed gerolschoffeld zijn geweest. De reductie aan onkruidbezetting door de eerste schoffelbeurt (BBCH 12, 2 echte bladeren) (vergelijking onkruidbezetting na ten opzichte van voor deze behandeling), was significant het grootst bij het gebrande object: een reductie van 96.1 % na branden; 82.2 % na wiedege en 81.2 % na rolschoffelen. Na de tweede schoffelbeurt (indien uitgevoerd), eindigde rolschoffelen als het object met minste onkruiden (22 planten m⁻², significant verschillend ten opzichte van branden, 65 planten m⁻²). Ondanks de hoge initiële onkruidbezetting na branden, zorgt het branden op vals zaaibed in combinatie met 1 of 2 schoffelbeurten in na-opkomst voor de laagste onkruidbiomassa bij oogst. Branden op vals zaaibed zorgt bij éézelfde na-opkomstbehandeling voor de hoogste opbrengst (al zijn de verschillen kleiner dan 1 ton ha⁻¹). 2 schoffelbeurten in na-opkomst zijn bij elk type vals zaaibedbehandeling significant (p <0.05) beter dan 1 keer en dit zowel voor onkruidbiomassa als voor spinaziebiomassa (Tabel 2.9) (Peruzzi et al., 2005).

Tabel 2.9 Onkruidbezetting tijdens de spinazieteelt en biomassa aan spinazie en onkruid bij de oogst voor diverse vals zaaibed behandelingen (wiedeggen, branden of rolschoffelen), en na-opkomst schoffelen (messen van 9 cm en met 2 flexibele overlappende torsiewiedegstanden opererend links en rechts van de gewasrij, 2.3 cm diep). Cijfers gevolgd door verschillende letters zijn significant op $p < 0.05$ (Duncan's Multiple Range Test) (Peruzzi et al., 2005).

Vals zaaibedbehandeling		Wiedeg		Branden		Rolschoffel	
Eigenschappen		2.2 – 3.8 cm diep		38 kg LPG ha ⁻¹		3 – 4 cm diep	
Aantal schoffelbeurten na opkomst		1	2	1	2	1	2
Voor vals zaaibedbehandeling	pl. m ⁻²			537			
Na vals zaaibedbehandeling	pl. m ⁻²	12 a		1 b		3 ab	
Voor 1 ^{ste} schoffelbeurt	pl. m ⁻²	169 b		311 a		133 c	
Na 1 ^{ste} schoffelbeurt	pl. m ⁻²	30 a		12 b		25 a	
Voor 2 ^{de} schoffelbeurt	pl. m ⁻²	135 b		161 a		127 b	
Na 2 ^{de} schoffelbeurt	pl. m ⁻²		49 ab		65 a		22 b
Onkruidbiomassa bij oogst	g m ⁻²	36.2	32.6	29.1	19.6	43.6	32.3
Spinaziebiomassa bij oogst	ton ha ⁻¹	14.2	15.7	14.7	16.1	13.9	15.8
Marktbaar planten	pl. m ⁻²	29	33	30	34	29	33

Boyd *et al.* (2006) (Californië, VS) analyseerden de effectiviteit van diverse vals zaaibedbehandelingen in babyspinazie (5 à 6 miljoen zaden ha⁻¹). Vals zaaibedbehandelingen werden 2 à 3 dagen voor zaai verricht, de vals zaaibedperiode duurde 20 dagen. Onkruidtellingen werden 1 dag voor en 1 à 2 dagen na de vals zaaibedbehandeling uitgevoerd. De reductie aan breedbladige onkruiden was in de eerst geteste periode (juli) het grootst met schoffel (4 à 5 cm diep), rolschoffel (8 à 9 cm diep), frees-beddenvormer (8 à 9 cm diep) en brander (24 kg propaan ha⁻¹, 6 fusées over 2 m) (87 tot 100 % reductie in onkruidbezetting); een behandeling met kruidnagelolie (10 %v/v van een 45 %v/v mengsel aan 280 l ha⁻¹) of met roleg reduceerde respectievelijk maar met 36 en 63 %. In de 2^{de} en 3^{de} test van het experiment (beide uitgevoerd in najaar) leverde branden een lagere reductie van 72 en 86 %, de andere hierboven vernoemde methoden toonden reducties van 95 tot 100% (kruidnagelolie werd toegepast aan een hogere dosis 15 %v/v van een 45 %v/v mengsel aan 467 l ha⁻¹).

Onkruiden die nadien tussen de spinazie kiemden, werden 15 dagen na zaai geteld (Tabel 2.10). In de eerste test (zomer) was het te droog waardoor geen nieuwe kieming tussen de spinazie optrad. Bij zaai in de 3^{de} test (najaar) sleepte een ketting over de grond die het zaaibed licht verstoortte. Wanneer zowel nieuw gekiemde onkruiden als onkruiden die de vals zaaibedbehandeling overleefden samen geteld werden, is een behandeling met kruidnagelolie (2^{de} en 3^{de} test respectievelijk 56 en 43 planten m⁻², 15 %v/v van een 45 %v/v mengsel aan 467 l ha⁻¹) het efficiëntst, gevolgd door frees-beddenvormer (95 planten m⁻²) in herhaling 2, en branden (76 planten m⁻²) in herhaling 3. Het minst efficiënt waren schoffelen (272 planten m⁻²) in herhaling 2, en frees-beddenvormer (125 planten m⁻²) en roleg (124 planten m⁻²) in herhaling 3.

Tabel 2.10 Nieuw gekiemde onkruiden en gekiemde onkruiden met overlevers (pl. m²) 15 dagen na zaai voor elke uitgeteste vals zaaibedbehandeling in de tweede en derde test (Boyd et al., 2006).

Vals zaaibed behandeling	Frees- beddenvormer	Brander	Kruidnagelolie	Rolschoffel	Roleg	Schoffel
Eigenschappen	8 à 9 cm diep	24 kg C ₃ H ₈ ha ⁻¹ , 6 fusées over 2 m	15 %v/v van een 45 %v/v mengsel aan 467 l ha ⁻¹	8 à 9 cm diep	8 à 9 cm diep	4 à 5 cm diep
Test 2						
Nieuw gekiemd ¹	95 a	54 b	50 b	94 a	142 a	250 a
Nieuw gekiemd + overlevers ¹	95 b	117 ab	56 c	107 ab	143 ab	272 a
Test 3						
Nieuw gekiemd ¹	125 a	44b	35 b	114 a	123 a	102 a
Nieuw gekiemd + overlevers ¹	125 a	76 b	43 c	115 a	124 a	113 a

¹Gemiddeldes in éénzelfde rij met met een gemeenschappelijke letter zijn niet significant verschillend (p<0.05)

De Cuypere (2018) (Beitem, België) bestudeerde de impact van diverse vals zaaibed strategieën op de zaadbankdepletie en veldopkomst van onkruiden nadien. Elke behandeling werd 5 keer uitgevoerd, met een tijdspanne van 9 dagen tussen de behandelingen. 29 dagen na de laatste vals zaaibedbehandeling resulteerde branden in een significant (p<0.05) lagere onkruidbezetting ten opzichte van de ondiep (2 cm) rolschoffelen, diep (4 cm) rolschoffelen, diep wiedeggen (3 à 3.5 cm) en de onbehandelde controle; branden was evenwel niet significant verschillend van ondiep wiedeggen (1-1.5 cm) (minstens 42 % lager ten opzichte van alle andere objecten. In tegenstelling tot Peruzzi (2005), gebeurden hier na de vals zaaibedbehandelingen geen verdere behandelingen meer en werd er geen gewas geïnstalleerd. In een andere proef (voorjaar) op wortelruggen werd geen significant verschil in onkruidbezetting waargenomen tussen rolschoffelen (1 cm diepte), branden of alternerend schoffelen en branden (37 dagen na de laatste vals zaaibedbehandeling (31 tot 43 planten m⁻²), dit is een gemiddelde bezetting van 56 % ten opzichte van de in vals zaaibed onbewerkte controle 37 dagen na de laatste valszaaibed-behandelingsdatum (84 planten m⁻²). In deze proef kreeg elk object 4 behandelingen met tussenpozen van 1 week.

Onkruiden met een verdoken groeipunt (bijvoorbeeld *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik of *Poa annua* L.) kunnen na branden hergroei vertonen, deze worden dan ook liefst zo vroeg mogelijk thermisch behandeld. Het verhogen van de dosis gas om oudere *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik en *Poa annua* L. planten alsnog te kunnen doden, kan nieuwe kieming stimuleren door het doorbreken van dormantie via dit branden. Propaandoserings van 20 tot 50 kg propaan ha⁻¹ volstaan om onkruiden met onbeschermd groeipunten (bv. *Stellaria media* L.) verkerend in groeistadium van BBCH 10 tot BBCH 14 volledig af te doden. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik, een soort met beschermd groeipunt, kan bij dergelijke doseringen enkel in kiemlobstadium afgedood worden (Ascard, 1995). Onkruiden worden best in een zo jong mogelijk stadium gebrand om de kosten te drukken.

2.3.3 Integrated Weed Management

Niet alleen tijdens het vals zaaibed, ook tijdens de teelt dienen onkruiden aangepakt te worden. De gekozen interrijafstand bij zaai bepaalt welke mogelijkheden er zijn in de onkruidbeheersing verderop in de spinazieteelt. In wat volgt wordt dieper ingegaan op deze mogelijkheden en hun bereikte efficiëntie.

2.3.3.1 Fysische behandelingen

In het najaar van 2002 onderzochten Peruzzi *et al.* (2004) te San Martino Ulmiano (Italië) het onkruidmanagement in biospinazie, met factoren al of niet branden vlak voor zaai (vals zaaibed), in na-opkomst werd met de hand geschoffeld (wielschoffel 15 cm breed, 2.3 cm diep, 1 keer) of met een precisieschoffel messen van 9 cm en met 2 flexibele overlappende torsiewiedegtanden opererend links en rechts van de gewasrij, 2.3 cm diep, 2 keer). Deze spinazie werd gezaaid aan 520 000 zaden ha⁻¹ (geen bodemverstorende behandeling bij zaai). De interrijafstand was 25 cm voor de handschoffel (intrarijafstand 7.7 cm) en 20 cm voor de precisieschoffel (intrarijafstand 9.6 cm). Elk object werd tijdens het vals zaaibed 2 keer gewiedegd (2.2 – 3.8 cm diep) en vlak voor zaai al dan niet gebrand. De vals zaaibedperiode duurde 2 weken. Voor elke behandeling werd de onkruidbezetting bepaald.

Portulaca oleracea L. (postelein) en *Poa* spp. (beemdgras) waren de meest courante onkruiden (70 % van alle onkruiden voor vals zaaibedbehandelingen, alle onkruiden samen 528 planten m⁻²). De eerste wiedegebeurt verwijderde 84 % van de onkruiden (86 planten m⁻² na versus 528 planten m⁻² voor) (Tabel 2.11). De tweede wiedegebeurt verwijderde nog eens 58 % van de onkruiden (36 planten m⁻² na tweede wiedegebeurt ten opzichte van 86 planten na de eerste wiedegebeurt). Op het blanco object stonden op dat moment 807 in de plaats van 528 planten m⁻²) (Tabel 2.11) (Peruzzi *et al.*, 2004).

Het branden vlak voor zaai resulteerde in 90% (25 cm interrijafstand) of 100 % (20 cm interrijafstand) reductie in onkruidbezetting na zaai (relatief t.o.v. densiteit na tweede wiedegebeurt op vals zaaibed) (Tabel 2.11). Dit verschil wijten de onderzoekers aan de aanwezigheid van een rol bij de zaaimachine met interrijafstand 20 cm, door het kapot rollen van onkruiden. Vlak voor het schoffelen was het gunstige effect van het branden nog aanwezig, en zelfs significant in het zaaiverband op 20 cm. De manuele schoffelbeurt reduceerde de onkruidbezetting met 7 % bij niet branden en 2 % bij wel branden, de 2 precisieschoffelbeurten reduceerden met 41 % bij niet branden en 32 % bij wel branden (bezetting voor oogst ten opzichte van bezetting voor schoffelen). Mechanische na-opkomstbehandelingen waren naar onkruidbezetting dus minder effectief indien gebrand werd.

Het precisieschoffelen leverde uiteindelijk significant de hoogste spinaziebiomassa, minstens het dubbele van de handschoffelenobjecten. Opvallend is de 50% lagere standdichtheid in de met de hand geschoffelde objecten. Binnen éénzelfde vals zaaibedbehandeling vertoonden objecten met precisieschoffelen significant lagere onkruidbiomassa's bij oogst dan objecten met handschoffelen. De onderzoekers wijten voorgaande positieve effecten aan het gecombineerd effect van precisieschoffelen en een gunstig zaaiverband (optimale tussenrijafstand) (Tabel 2.11) (Peruzzi *et al.*, 2004).

Tabel 2.11 Onkruidbezetting tijdens de spinazieteelt en biomassa aan onkruid en spinazie bij de oogst voor diverse combinaties van vals zaaibed behandelingen (2 keer wiedegebben met branden, 2 keer wiedegebben zonder branden) en na-opkomst schoffelmethode (handschoffelen, 0.7 km u⁻¹; precisieschoffelen, 1.4 km u⁻¹; beiden 2.3 cm diep). Branden aan 38 kg LPG ha⁻¹, wiedegebben 9.9 km u⁻¹, 2.2 tot 3.8 cm diep. Cijfers gevolgd door verschillende letters zijn significant op p<0.05 (Duncan's Multiple Range Test) (Peruzzi *et al.*, 2004).

Na-opkomsttechniek	Handschoffel (4 rijen per bed ofwel 25 cm interrijafstand)		Precisieschoffel (5 rijen per bed ofwel 20 cm interrijafstand)	
	Niet branden	Wel branden	Niet branden	Wel branden
Onkruidbezetting				
Voor vals zaaibedbehandeling	pl. m ⁻²		528	
Na 1 ^{ste} wiedegebeurt	pl. m ⁻²		86	
Na 2 ^{de} wiedegebeurt	pl. m ⁻²		36	
Na zaai	pl. m ⁻²	10 b	0 b	38 a
Voor schoffelen	pl. m ⁻²	333 ab	267 b	383 a
Voor oogst	pl. m ⁻²	309 a	273 ab	225 bc
Oogstparameters				
Onkruidbiomassa bij oogst	g m ⁻²	101.3 a	80.2 b	75.1 b
Spinaziebiomassa bij oogst	ton ha ⁻¹	6.4 b	4.6 b	13.2 a
Marktbaar planten	pl. m ⁻²	15.7 b	13.2 b	32.5 a

De voorgaande onderzoeken met betrekking tot verse marktspinazie met manuele oogst, kenden een zaaidensiteit die slechts een zesde van de densiteit van industriespinazie bedraagt, en vrij ruime interrijafstanden. Industriespinazie vereist immers een hogere zaaidensiteit om een opgericht gewas te kunnen maaien. Tevens verhoogt de gewascompetitiviteit met de zaaidensiteit, op voorwaarde dat er geen schimmelziekten optreden. Om bepaalde mechanische beheersingsmethodes toe te laten, kan het verantwoord zijn om bij eenzelfde zaaidensiteit de gangbare rijafstand van 12.5 cm in industriespinazie te verruimen, ondanks de neveneffecten van een meer planofiel gewas en een lagere gewascompetitiviteit (Fischer & Miles, 1973; Schnieders, 1999; Tei *et al.*, 2002). Anderzijds laat een lagere gewasdensiteit in combinatie met een lage onkruidbezetting een betere gewasventilatie toe, hetgeen schimmelziekte-druk kan beperken (Seaman, 2016). Het risico op schimmelziekten kan verder beperkt worden door ziekte-resistente rassen te telen.

Tei *et al.* (2002) voerden in de herfst van 2001 te Perugia (Italië) onderzoek in industriespinazie naar de impact van diverse na-opkomst onkruidbeheersingsstrategieën bij een interrijafstand van 12.5 cm en 25 cm ten opzichte van een voorzaai toepassing van cycloaat (3 635 g actieve stof ha⁻¹) en een onbehandelde controle. Bij een interrijafstand van 12.5 cm werd een éénmalige wiedegeurt of brandbeurt in na-opkomst uitgevoerd. Indien op 25 cm gezaaid werd, werd wiedegeen niet getest. Dit verband liet wel toe te branden, vingerwieden of pennenfreesen met gewasbeschermingskappen. De zes fusées van de brander stonden op 25 cm afstand van elkaar; in het 12.5 cm verband stond er afwisselend één rij wel, één rij niet te midden van de vlam; in het 25 cm verband positioneerden de vlammen zich centraal tussen de rijen en kon interrij gebrand worden. Op 12 september 2001 werd cv. Tamura gezaaid aan 4.6 miljoen zaden ha⁻¹. Alle fysische bestrijdingsmethodes gebeurden op hetzelfde moment (BBCH 14 à 16, 4 à 6 echte bladeren; 4 oktober). Branden gebeurde met een snelheid van 2.5 km u⁻¹ en een verbruik van 12 - 14 kg propaan u⁻¹ (32-37.3 kg propaan ha⁻¹), vingerwieden aan 3 km u⁻¹; pennenfreesen aan 3 km u⁻¹, 5 cm bewerkingsdiepte en 10 van de 25 cm interrijafstand onbewerkt (gewasbeschermingskappen); en wiedegeen aan 3 km u⁻¹ en een diepte van 3 cm (1 rij brede tanden opererend tussen de rijen).

Wanneer de data geregistreerd vlak voor de fysische onkruidbestrijding en bij oogst bij de onbehandelde objecten vergeleken worden, valt de grote competitiekracht van spinazie op: bij 12.5 cm interrijafstand stierven 62 % en bij 25.0 cm 38 % van de onkruidplanten af. Verder verdubbelde de gevormde onkruidbiomassa in de onbehandelde objecten als de interrijafstand verdubbeld werd. Indien één enkele herbicidebehandeling voor zaai (cycloaat) werd toegepast, vertoont interrijafstand 25.0 cm maar half zoveel onkruidbiomassa ten opzichte van een cycloaattoepassing bij 12.5 cm, vermoedelijk doordat maar half zoveel zaaikouters de bodem verstoorden. De chemische methode gaf de beste onkruidbestrijding in beide zaaiverbanden. Bij de mechanische methodes op 12.5 cm was wiedegeen onefficiënt gebleken (2.4 keer de onkruidbiomassa van onbehandeld bij oogst), branden kwam als beste fysische optie naar boven (0.7 keer de onkruidbiomassa van onbehandeld). Op 25.0 cm is de pennenfrees de beste niet-chemische optie (0.12 keer de onkruidbiomassa van onbehandeld) (Tabel 2.12).

De totale spinaziebiomassa verschilt niet tussen de 2 zaaiverbanden en slechts beperkt tussen de verschillende onkruidbestrijdingsmethodes (Tabel 2.12). De vermarktbaar opbrengst (niet tegen de grond gemaaid; maaihoogte onbekend) bij branden kwam 13.3 % (12.5 cm) en 7.2 % (25.0 cm) lager uit ten opzichte van de totale spinaziebiomassa, omwille van te erg misvormde bladeren door het branden.

Tabel 2.12 Onkruidbezetting, onkruidbiomassa, spinaziebiomassa en spinaziehoogte bij oogst in functie van na-opkomst fysische onkruidbeheersingsmethode en interrijafstand van spinazie (Tei *et al.*, 2002).

Interrijafstand	Onkruid-beheersings-strategie	Onkruidbezetting bij oogst (pl. m ⁻²)	Onkruidbiomassa bij oogst (g m ⁻²)	Totale spinaziebiomassa (g m ⁻²)	Gewashoogte (cm)
12.5 cm	Cycloaat ¹ (3 635 g a.s. ha ⁻¹)	16	2.0	13.2	24
	Wiedegeen (3 km u ⁻¹ , 3 cm diep)	60	27.1	14.6	29
	Branden (32-37.3 kg C ₃ H ₈ ha ⁻¹)	33	7.9	15.0	24
	Onbehandeld	81	11.2	16.9	29
25.0 cm	Cycloaat ¹ (3 635 g a.s. ha ⁻¹)	4	0.9	12.7	25
	Vingerwieden (3 km u ⁻¹)	43	9.1	16.5	28
	Pennenfrees (3 km u ⁻¹ , 5 cm diep)	27	3.1	13.5	26
	Branden (32-37.3 kg C ₃ H ₈ ha ⁻¹)	33	5.5	12.5	27
	Onbehandeld	133	25.4	14.7	28

¹De spinazie werd geoogst op 23 oktober (41 groeidagen), de cycloaat-objecten werden wegens groeiremming 10 dagen later (2 november) geoogst dan de fysisch behandelde objecten.

Fontanelli *et al.* (2015) (Vecchiano, Italië) vergeleken chemische met fysische onkruidbestrijding in najaarsspinazie (zaai oktober). De chemische onkruidbestrijding bestond uit een éénmalige na-opkomstbehandeling (spinazie BBCH 14) met fenmedifam (15.8 %, 2.5 l ha⁻¹), de fysische onkruidbestrijding uit een vals zaaibed (2 keer rolschoffelen 10 dagen na elkaar, 3 à 4 cm diep), branden in vooropkomst (5 dagen na zaai, BBCH 09), en in na-opkomst rolschoffelen na 20 à 25 dagen en precisieschoffelen (messen van 9 cm en met 2 flexibele overlappende torsiewiedegstanden opererend links en rechts van de gewasrij) 35 dagen na zaai. Deze versmarktspinazie werd gezaaid aan 580 000 zaden ha⁻¹, 12.5 cm interrijafstand voor chemisch en 20.0 cm interrijafstand voor fysische onkruidbestrijding.

Daar er slechts eenmalig een bespuiting werd uitgevoerd, gaf dit object met 71.13 g DS m⁻² dubbel zoveel onkruidbiomassa als fysisch (33.34 g m⁻²). Dit in tegenstelling tot Tei *et al.* (2002) die met één enkele cycloaatbehandeling (3635 g actieve stof ha⁻¹) voor zaai een lagere onkruidbiomassa bij oogst bekwamen dan niet-chemische methodes (Tabel 2.12). De geogste spinaziebiomassa was gemiddeld 35 % groter met fysische dan chemische onkruidbeheersing (fysisch 2004 en 2005 8.50 en 8.93 ton ha⁻¹ versus chemisch 6.78 en 5.98 t ha⁻¹). De fysische onkruidbeheersing nam 19 u arbeid ha⁻¹ in beslag terwijl de chemische maar 6 u arbeid ha⁻¹, in geen enkel systeem was handwieden vereist (Fontanelli *et al.*, 2015).

2.3.3.2 Mulching

Bàrberi *et al.* (2008) vergeleken in Crespina (Italië) 3 verschillende teeltmethodes: a) standaardmethode waarbij spinazie geplant werd op biologisch afbreekbare maïszetmeel-mulchfolie zonder bijkomende onkruidbeheersing; b) intermediair teeltsysteem waarbij spinazie gezaaid werd na vals zaaibed bewerkt met rolschoffel, en verder het gebruik van branden en 2 keer met een precisieschoffel in na-opkomst (messen van 9 cm en 2 tanden inzetbaar als torsiewieder of zoals triltand wiedeg) en c) geavanceerde methode met: dezelfde behandelingen als voorgaande, maar met een onderzaai van onderaardse klaver (*Trifolium subterraneum* L.) bij de laatste precisieschoffelbeurt.

In de standaard teeltmethode werden 40 à 60 planten m⁻² uitgeplant, met 2 à 3 planten per plug; er werd geen onkruidbeheersing uitgevoerd. Het intermediair en geavanceerd teeltsysteem werd op 5 oktober 2006 gezaaid aan 55 zaden m⁻², op een interrijafstand van 20 cm. De onderaardse klaver werd breedwerpig gezaaid aan 30 kg ha⁻¹, na 46 groeidagen (20 november). De spinazie werd 2 keer geogst, na 54 dagen (28 november) en de hergroei na 71 dagen (15 december).

Het intermediair teeltsysteem brengt 26.3 % en het geavanceerd teeltsysteem 41.7 % meer op ten opzichte van het standaard systeem. Ook de opbrengst per plant volgt deze trend. Er is geen verschil in het aandeel onvermarktbaar bladeren. Het verschil in opbrengst is vooral te wijten aan de 2^{de} oogstbeurt, waarbij in het standaard systeem minstens 100 g m⁻² minder te oogsten valt. Nochtans had het standaard teeltsysteem de laagste hoeveelheid onkruidbiomassa (bij eerste oogst 20.7 %, en bij de tweede oogst 8.3 % ten opzichte van de andere systemen). De onderzaai bij de geavanceerd methode heeft geen impact op de onkruidbiomassa gehad, hoewel de onderzoekers een significant ($p < 0.05$) negatief lineair verband ondervonden tussen klaverbiomassa en onkruidbiomassa in het daaropvolgende voorjaar. Bàrberi *et al.* (2008) vermoedden dat de onderaardse klaver nog onvoldoende ontwikkeld was om zijn gunstig effect op onkruidbeheersing te kunnen uitoefenen (Tabel 2.13).

Tabel 2.13 Biomassa aan spinazie en onkruid bij de 3 verschillende teeltmethodes: uitplanten van plugs op biologisch afbreekbare mulchfolie (standaard), gezaaide spinazie met gerolschoffeld vals zaaibed en 2 na-opkomst schoffelbeurten (intermediair) en gezaaide spinazie met gerolschoffeld vals zaaibed, 2 na-opkomst schoffelbeurten en een onderzaai van onderaardse klaver (*Trifolium subterraneum* L.) (Bàrberi *et al.*, 2008).

Systeem		Standaard	Intermediair	Geavanceerd
Opbrengst 28/11	g m ⁻²	333.22	369.27	421.86
Opbrengst per plant 28/11	g plant ⁻¹	20.97	25.95	26.85
Onkruidbiomassa 28/11	g m ⁻²	2.4	11.6	11.6
Opbrengst 15/12	g m ⁻²	189.11	290.57	318.37
Opbrengst per plant 15/12	g plant ⁻¹	10.24	18.97	19.30
Onkruidbiomassa 15/12	g m ⁻²	1.2	14.5	14.5
Opbrengst totaal	g m ⁻²	522.33	659.84	740.23
Opbrengst per plant totaal	g plant ⁻¹	15.61	22.46	23.08

Ook het gebruik van groenbemesters kan de onkruidbiomassa in spinazie beïnvloeden. Lounsbury & Weil (2015) onderzochten gedurende 2 opeenvolgende jaren op 2 nabijgelegen sites (Maryland, USA) het effect van zomerhaver (*Avena sativa* L.), bladrammenas (*Raphanus sativus* L.) of een mengsel van deze 2 groenbemesters op het voorkomen van onkruid in een volgteelt voorjaarsspinazie. De onderzoekers zaaiden deze groenbemesters respectievelijk aan een zaaddosis van 72 kg ha⁻¹ en 10 kg ha⁻¹, of van elk de halve zaaddosis voor het mengselobject. Interrijafstand van de groenbemesters bedraagt 19 cm, met in het mengsel alternerend een rij haver en een rij rammenas. Het object zonder groenbemester werd in het late najaar gefreesd om onkruiden weg te werken en de gangbare praktijk van winterbraak te volgen. De objecten met groenbemesters werd al dan niet gefreesd (10 cm diep) voor de spinaziezaai. Indien de groenbemesters niet doodvroren, werden deze een 4-tal weken voor de uitzaai van spinazie geklepeld. Spinazie werd gezaaid in april op een rijenafstand van 38 cm.

De hoogste spinazie-opbrengsten werden gehaald in het object bladrammenas gefreesd (24, 10 en 4.7 ton ha⁻¹ in 3 testen), in de tweede test scoorde bladrammenas ongefreesd het best (12 ton ha⁻¹), maar toen werd de ganse proef twee keer geoogst (Tabel 2.14). Haver scoorde steeds significant minder. Vlak voor het handmatig schoffelen, 3 à 4 weken na zaai, werd de onkruidbedekking gescoord. Bij bladrammenas ongefreesd was de onkruidbedekking 2 keer nagenoeg 0%. Bij de andere 2 jaren had bladrammenas door het weer het onkruid in het najaar onvolledig kunnen onderdrukken, waardoor frezen wel interessant werd. Ook haver heeft zijn effect, maar na klepelen kan haver hergroeien indien er niet gefreesd wordt, wat voor extra schoffelwerk zorgt (Lounsbury & Weil, 2015).

Tabel 2.14 Spinazie-opbrengst (ton ha⁻¹) na de verschillende behandelingen (gemiddelden over de vier blokken van een test) (Lounsbury & Weil, 2015). Cijfers gevolg door verschillende letters zijn significant op p<0.05 (F-protected LSD); door gewasfalen of te natte bodemomstandigheden is er soms geen data ter beschikking, wat door '-' weergegeven wordt. Frezen tot 10 cm diep.

Groenbedekker	Voorjaars-behandeling	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Bladrammenas	Geen	19 ab	12 a	6.0 ab	2.8 b
	Frezen	24 a	9.9 b	10 a	4.7 a
Bladrammenas-zomerhaver	Geen	5.3 b	10 b	-	1.7 bc
	Frezen	3.7 b	9.1 b	8.2 ab	4.4 a
Zomerhaver	Geen	4.7 b	6.2 c	-	0.8 c
	Frezen	3.3 b	6.4 c	1.6 b	-
Geen groenbedekker	Geen	1.8 b	4.2 d	-	-
	Frezen	10 ab	7.3 c	-	0.8 c

3. Materiaal en methode

3.1 Materiaal

3.1.1 Bodemeigenschappen van proefpercelen

De experimenten horende bij deze masterproef werden in de zomer en herfst van 2019 uitgevoerd in het Provinciaal Onderzoeksinstituut voor Land- en Tuinbouw Inagro vzw, afdeling Biologische productie. De proefpercelen werden na een 2-jarige omschakelingsperiode (2017-2018) voor het eerst ingezet voor biologische productie. Details omtrent de proefpercelen zijn te vinden in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Eigenschappen van de proefpercelen: geografische, bodemfysische en -chemische kenmerken en perceelshistoriek. OC = organische koolstof.

Proef	Proef 1: Impact van gewasvulkracht	Proef 2: Impact van zaaiverbanden	Proef 3: Impact van geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen
Geografische locatie	50°54'N 3°07'O	50°54'N 3°07'O	50°54'N 3°07'O
Bodemtextuur	zandleem	zandleem	zandleem
Belgische bodemclassificatie¹	Ldp ¹	Ldp ¹	Ldp ¹
Perceelshistoriek			
2016	Groenten openlucht	Groenten openlucht	Groenten openlucht
2017	Grasklaver	Grasklaver	Grasklaver
2018	Grasklaver	Grasklaver	Grasklaver
2019 (voorteelt)	Paksoi ²	Braak	Facelia ³
Bouwvooranalyse (0-30 cm)			
Datum staalname	19/08/2019	19/08/2019	8/10/2019
pH-KCl	6.5	6.2	6.3
OC (%) (droge bodem)	1.27	1.31	1.18
Ca (mg 100g ⁻¹ droge bodem)	240	217	196
Mg (mg 100g ⁻¹ droge bodem)	18	18	15
Na (mg 100g ⁻¹ droge bodem)	2.5	2.9	<2.0
K (mg 100g ⁻¹ droge bodem)	25	24	17
P (mg 100g ⁻¹ droge bodem)	51	51	40
S (mg 100g ⁻¹ droge bodem)	5	4.8	2.3
N (kg ha ⁻¹ 0-30 cm)	186	191	65 (26/07/2019)
N (kg ha ⁻¹ 30-90 cm)	91	77	20 (26/07/2019, 30-60 cm)
Bemesting	geen	geen	geen
Vals zaaibed	ja	geen	ja
Oppervlakte (m²)	480	936	2340

¹De Belgische bodemclassificatie geeft de eigenschappen van een bodem (tot 1.25 m diep) weer door middel van een drieletterige code. De eerste letter staat voor de textuur, op basis van de fracties zand (>50 µm), leem (2-50 µm) en klei (<2 µm). L = zandleem. De tweede letter staat voor de drainageklasse. d = matig nat, matig gleyig, gleyverschijnselen duiken op tussen 50 en 80 cm diep. De derde letter staat voor de profielontwikkeling. p = geen profielontwikkeling (alluviale en colluviale bodems) (Van Ranst & Sys, 2000; DOV, 2020).

²Paksoi werd geplant op 20 april en geoogst op 11 juni.

³Facelia werd gezaaid op 29 april en geklepeld op 17 juni.

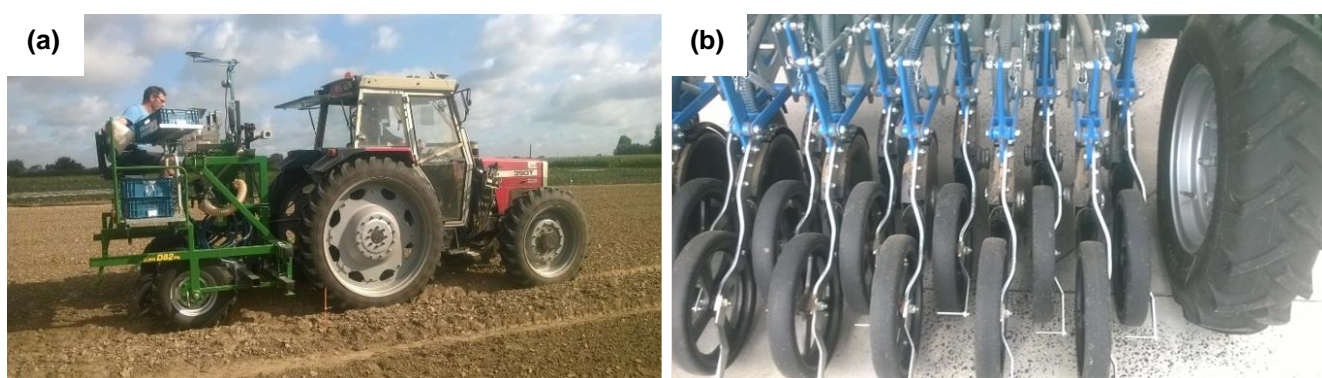
3.1.2 Gebruikte werktuigen

3.1.2.1 Zaaibedbehandelingen

Het zaaiklaar leggen van het perceel, werd steeds uitgevoerd door te diepwoelen met een 3 meter brede Steeno Carré Neolab (diepte 40 à 50 cm), uitgerust met 6 dent Michel tanden. Vervolgens werd er 10 cm diep gerotoregd met een Kühn HR 304 uitgerust met een kooirol, ook 3 m breed.

3.1.2.2 Zaai

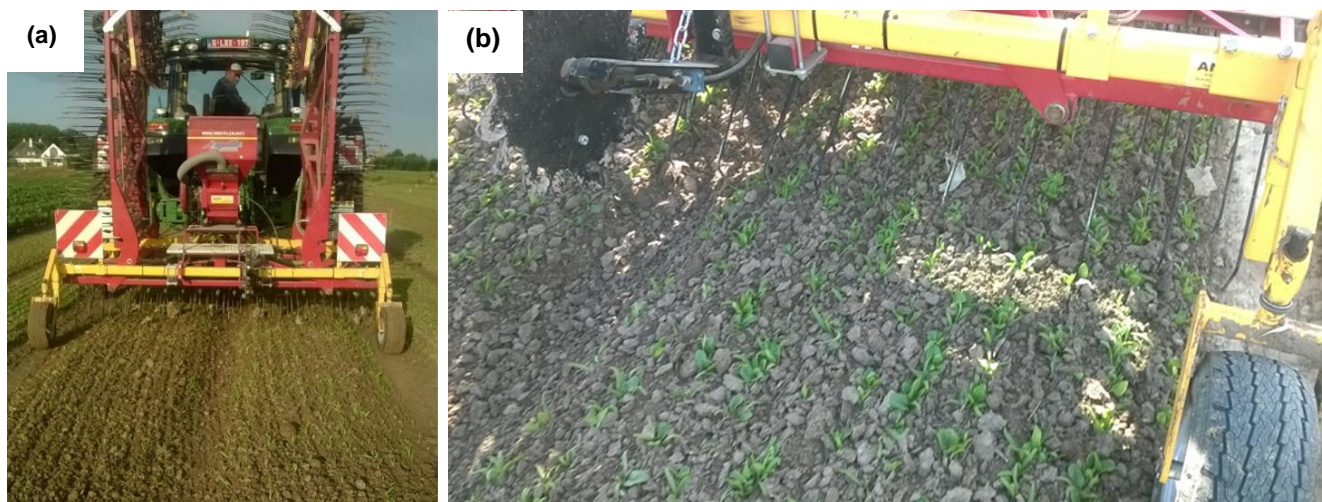
De zaaimachine is een proefzaaimachine van het type D82PN van het merk Zürn (Schöntal-Westernhausen, Duitsland), uitgerust met 12 zaaipijpen die zaaien op een interrijafstand van 10.5 cm (Figuur 3.1). De spoorbreedte van de trekker (Massey Ferguson 390 T) die de zaaimachine aandreef, bedroeg 1.5 m, waardoor de gezaaide rijen zich steeds tussen de wielsporen bevonden. Deze zaaimachine is uitgerust met een dubbele schijvenkouter met aandrukwielen, van het merk Lemken. Zo werd de bodem na het vals zaaibed zo minimaal mogelijk verstoord door het zaaiproces. De zaaidiepte was steeds 4 cm. Twee gezaaide stroken kunnen via de breedspoortrekker in één keer bewerkt worden. Waar behandelingen objectspecifiek dienden uitgevoerd te worden, diende een plot dus 3 m breed te zijn. Onkruidbehandelingen werden steeds uitgevoerd met een breedspoortrekker met spoorbreedte van 3 m (John Deere 6130 R), voorzien van RTK-GPS.



Figuur 3.1 Proefzaaimachine Zürn D82PN (a), detail van de zaaielementen (b).

3.1.2.3 Onkruidbeheersingstuigen

Het wieden werd uitgevoerd met een Treffler wiedege (Treffler, Pöttmes-Echsheim, Duitsland), het model betrof TS 960 M3 5 (bouwjaar 2014) (Figuur 3.2). In tegenstelling tot de gewone wiedege, is elke tand apart geveerd. Elke tand is via een trekveer en bijhorende kabel verbonden aan een centrale, hydraulisch aangedreven cilinder; door de kabels meer of minder op te winden op deze cilinder wordt de veerdruk en bijgevolg de agressiviteit bepaald. Een 10-delige schaal is op de machine aangebracht als maat voor de veerdruk. Er werd steeds zo ondiep mogelijk gewiedegd, de bewerkingdiepte bedroeg zo'n 2 cm, en de bewerkingssnelheid 4 à 5 km u⁻¹ op vals zaaibed en vooropkomst, en 1.5 of 2.5 km u⁻¹ in na-opkomst.



Figuur 3.2 Wiedege Treffler TS 960 M3 5 (a), detailfoto (b).

Branden werd uitgevoerd met een 3 meter brede stootbrander type T.H.BR. 3000 (bouwjaar 2016) met geforceerde luchttoevoer (Vanhoucke Machine Engineering, Moorslede, België) (Figuur 3.3). De branderkast van deze machine is 3 m breed en 2.5 m lang. De brander zelf werkt op basis van propaan, met een verbruik van 0.1 l min^{-1} . De waakvlam kent een druk van 0.4 bar, de hoogvlam 1.7 bar. Aan de hand van de rijsnelheid kan de dosis gevarieerd worden, zo werd het vals zaaibed gebrand aan 1.1 km u^{-1} ($18.2 \text{ l C}_3\text{H}_8 \text{ ha}^{-1}$), in vooropkomst aan 3 km u^{-1} ($6.7 \text{ l C}_3\text{H}_8 \text{ ha}^{-1}$).



Figuur 3.3 Brander Vanhoucke Machine Engineering T.H.BR. 3000

Interrij-schoffelen werd met de hand uitgevoerd via een beugelschoffel, met een breedte van 17 cm (Figuur 3.4). De schoffel werd zo'n 1 à 2 cm diep doorheen de bodem getrokken. Er was immers geen mogelijkheid om de smalle interrijstroken machinaal te schoffelen zonder substantiële gewasbeschadiging.



Figuur 3.4 Beugelschoffel

3.1.2.4 Irrigatie

Beregemen gebeurde met een beregeningsboom om uniformiteit in irrigatiegift te kunnen garanderen (Figuur 3.5). De toegepaste irrigatiedosissen worden verderop aangegeven (Figuur 3.7 en Figuur 3.10).



Figuur 3.5 Beregeningsboom

3.1.3 Gebruikte spinazierassen

Tabel 3.2 bevat alle gegevens omtrent de gebruikte spinazierassen in deze veldproeven.

Tabel 3.2 Eigenschappen van de spinazierassen. Alle rassen betreffen niet-biologisch zaad, en werden niet ontsmet. (Pop Vriend Seeds, 2020; Rijk Zwaan, 2020; Verdure, 2019).

Ras	Baboon F1	Bufflehead F1	La Paz F1 /PV1237	Sonoma F1
Zaadhuis	Rijk Zwaan	Rijk Zwaan	Pop Vriend Seeds	Pop Vriend Seeds
Teeltperiode	Vroege voorjaars-, herfst- en wintersteelt	Late herfst- wintersteelt	en Voor- en najaarsteelt	Voorjaars-, najaars- en wintersteelt
Raseigenschappen	Snelgroeïend, gladbladig industrieras, gewoon type	Japans type	Vroeg ras, gewoon type, goede schiettolerantie	Vroeg ras, gewoon type
Fysio's <i>Pseudoperonospora farinosa</i> f.sp. <i>spinaciae</i>-resistentie	1-7, (8,) 9, (10) 11-17	1-15 en 17	1-15 en 17	1-15 en 17
Duizendkorrelgewicht (g)¹	11.52	12.16	18.98	15.26
Kiempercentage	77 ²	89 ²	95 ³	87 ³
Kiempercentage	61 ⁴	89 ⁴	28.5 ⁴	10 ⁴
Verpakkingsdatum	Februari 2019	Juni 2018	2019	2019
Lot-/Batchnummer	101883754	101544556	576717	576718
Proef	1	1, 2	3	1

¹Duizendkorrelgewicht werd bepaald door 3 keer 1 000 zaden te wegen.

²Om de kiemkracht te bepalen werden in het labo van Inagro 100 zaden te kiemen gelegd via top of papermethode en 14 dagen gescreend. De temperatuur in het labo bedroeg steeds 20°C, met lichtregime 15.5/8.5 uur dag/nacht.

³Fabriekskiemkracht

⁴Om de kiemkracht te bepalen werden op de proefhoeve in Melle 4 keer 50 zaden op een vochtig viltje te kiemen gelegd en 12 dagen gescreend. Het lichtregime bestond uit 16/8 uur dag/nacht. De dagtemperatuur bedroeg 25°C, de nachttemperatuur 20°C.

3.2 Methode

3.2.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht

3.2.1.1 Doelstelling

Een competitief gewastype kan de onkruidgroei voor blijven en/of beter onderdrukken en zo de hoeveelheid onkruiden en de gevormde onkruidbiomassa beperken (Lichtenhahn et al., 2002). Spinazierassen kunnen aanzienlijk verschillen in groeihabitus (erectofiel, planofiel), bladrijckdom, bladschijfgrootte en groeisnelheid (Decroos, 2020), allen factoren welke mogelijk de vulkracht en zo de competitiviteit van een gewas kunnen beïnvloeden. De verwerkende industrie focust voor de biologische teelt voornamelijk op groeisnelheid (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019). Deze veldproef bestudeert het effect van spinazieras en zaaidensiteit op de onkruidbiomassa, en de opbrengst en kwaliteit van spinazie. Om zuivere effecten van gewascompetitiviteit te kunnen meten werd geen curatieve onkruidbestrijding in na-opkomst uitgevoerd.

De volgende hypothese wordt gesteld, die via een veldproef nagegaan wordt:

H 1: Standichtheid en rassenkeuze beïnvloeden de finale spinaziekwaliteit, spinazie-opbrengst en onkruidbiomassa bij oogst.

Om deze hypothese te staven, dienen volgende onderzoeksvragen beantwoord te worden:

OV 1.1: Onderdrukt een sneller groeiend ras onkruid beter dan een trager groeiend ras?

OV 1.2: Laat een planofiele bladstand meer onkruidonderdrukking toe dan een erectofiele bladstand?

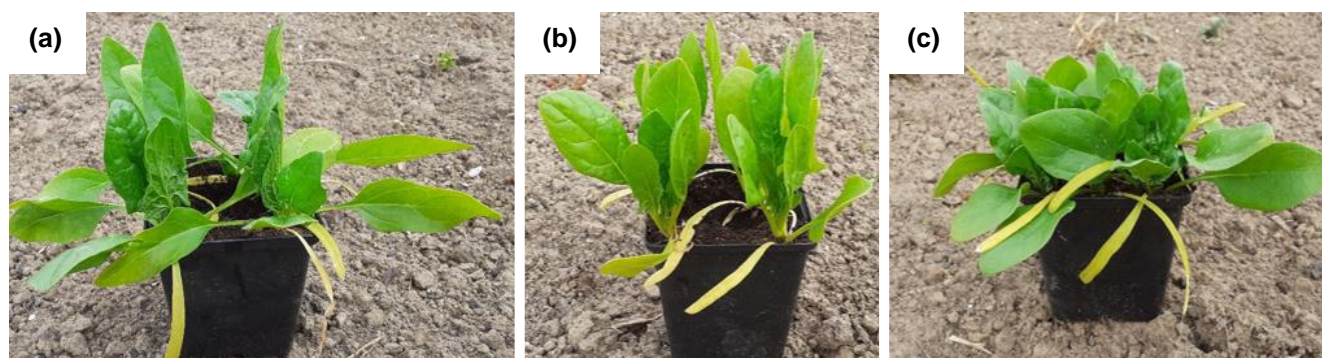
OV 1.3: Is er een inverse relatie tussen spinaziebiomassa/-standichtheid en onkruidbiomassa?

OV 1.4: Beïnvloedt de standichtheid de kwaliteit van de spinazie, in zake fractie geel blad en bladsteelaandeel

3.2.1.2 Proefopzet

Bovenstaande onderzoeksvragen OV 1.1 t./m. OV 1.4 werden onderzocht aan de hand van een gerandomiseerde blokkenproef met als onafhankelijke proeffactoren ras en zaaidensiteit. De 6 objecten werden aangelegd in 5 blokken. De plots hebben elk een bruto oppervlakte (inclusief rijsporen) van 15 m² [1.5 m breed (namelijk 1 bedbreedte van 1.5 m) op 10 m lang].

Deze rassenproef, met proeffactoren ras en zaaidensiteit, werd aangelegd met een Japans type (Bufflehead), een snelgroeiend (Baboon) en een trager groeiend (Sonoma) gewoon type (Tabel 3.3). Sonoma kent een vlakke bladstand en groeit trager dan Baboon en Bufflehead (op basis van teeltbegeleiding Ardo) (Tabel 3.2, Figuur 3.6). De zaaidiepte was 4 cm. Deze rassen werden aan 3 en 4 miljoen kiemkrachtige zaden ha⁻¹ gezaaid. Hierbij geldt 3 miljoen als de standaard zaaidensiteit in biologische spinazieteelt, ongeacht de kiemkracht van het zaadlot¹. Daar de kiemkracht van zaadloten kan verschillen, werd de zaaddosis van de verschillende rassen hiervoor gecorrigeerd (Tabel 3.3).



Figuur 3.6 (a) Baboon, (b) Bufflehead en (c) Sonoma. De opgerichtheid van Bufflehead (Japans type) valt duidelijk op. Het snelgroeiende ras Baboon (gewoon type) is minder gedrongen dan het trager groeiend ras Sonoma (gewoon type). Foto na 49 groeidagen, gezaaid op 17 maart 2020.

¹ De Europese Commissie (2002) stelt in richtlijn 2002/55/EG een minimum kiemkracht van 75 % voor spinazie.

Tabel 3.3 Overzicht van de geteste rassen en zaaidensiteiten.

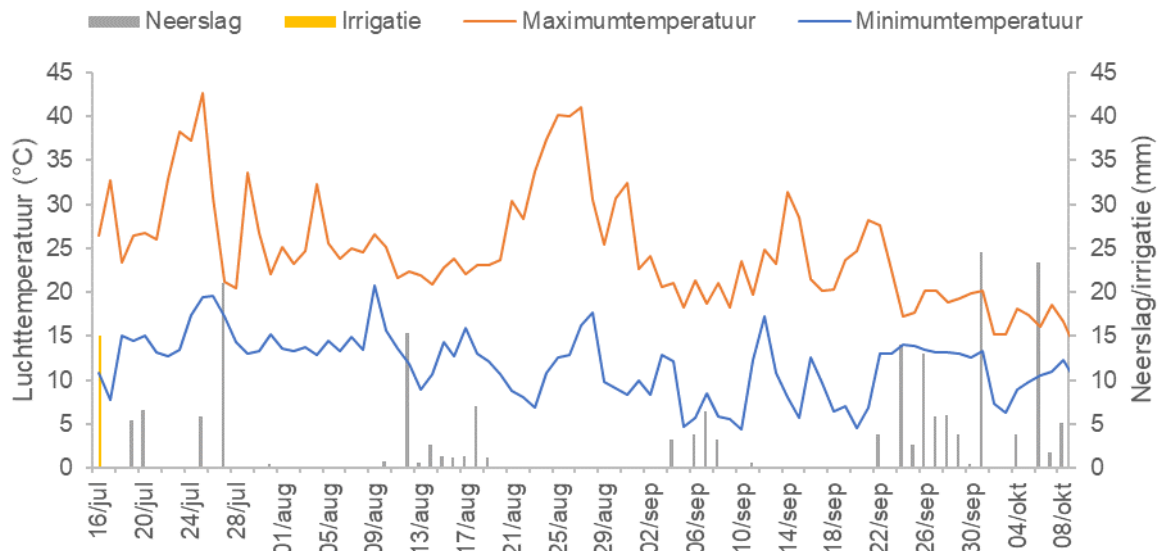
Object	Theoretische zaaidensiteit* (zaden m ⁻²)	Ras	Werkelijke zaaidensiteit (zaden m ⁻²)	Ingebrachte zaden per m rijlengte
1	300	Baboon	455	48
2		Bufflehead	427	45
3		Sonoma	397	42
4	400	Baboon	607	64
5		Bufflehead	570	60
6		Sonoma	511	54

*Bij 300 zaden m⁻² zijn er 32 zaden per m en bij 400 zaden m⁻² 42 zaden per m ingebracht.

De hoeveelheid ingebrachte zaden per m varieert door het in rekening brengen van de kiemkracht. Hierbij wordt voor Sonoma (95 % kieming) een theoretische zaaddosis van 300 en 400 zaden m⁻² beschouwd, wat zou resulteren in respectievelijk een kieming 285 en 380 planten m⁻². Ook in de praktijk kiemt bij een zaaddosis van 300 zaden m⁻² niet alle zaad. In deze proef werd Sonoma aan respectievelijk 397 en 511 zaden m⁻² (ofwel 377 en 485 vitale zaden m⁻²) gezaaid op het bed, wat vollevelds (rijpaden niet ingecalculerd) een zaaidensiteit van respectievelijk 300 en 400 zaden m⁻² (ofwel 285 en 300 vitale zaden m⁻²) geeft. De zaaddosis van Bufflehead (89 % kieming) en Baboon (77 % kieming) werden zodanig berekend om ook 285 of 380 planten m⁻² te bekommen.

3.2.1.3 Weer

Voor de aanleg van het vals zaaibed werd 15 mm berekend (16 juli). Gedurende de teelt zelf (20 augustus tot en met 8 oktober) viel er gecumuleerd 126.4 mm neerslag. Bemerkt de 2 hittegolven eind juli en eind augustus (Figuur 3.7).



Figuur 3.7 Verloop van de maximum- en minimumtemperatuur, neerslag en irrigatie tijdens proef 1.

3.2.1.4 Teeltverloop

Op 18 juli werd het vals zaaibed aangelegd na voorafgaande beregening van het perceel met een sproeiboem op 16 juli. Dit laatste om kieming op vals zaaibed te stimuleren (Tabel 3.4). Na 18 juli volgde een zeer intense hittegolf, die eindigde met onweersbuien op 27 juli (3.2.1.3 Weer). Om de korst, ontstaan door deze onweersbuien te breken, werd deze met een wiedege gebroken vooraleer deze door uitdroging te hard zou worden. Op vals zaaibed werd eerst gebrand (afdoden grote onkruiden) op 12 augustus, en vervolgens gewiedegd op 20 augustus waarna onmiddellijk werd gezaaid. Op 23 augustus werden alle plots in vooropkomst gewiedegd; de spinazie bevond zich toen in stadium BBCH 05 (kiemwortel komt uit het zaadje tevoorschijn). Na opkomst werd geen onkruidbestrijding meer uitgevoerd.

Een eerste onkruid-telbeurt werd uitgevoerd op 20 augustus, vóór de vals zaaibedbehandelingen, om de uniformiteit van onkruiddruk na te gaan (Tabel 3.4). Verder werd de standdichtheid (opkomststelling) geteld. De bedekkingsgraad werd ook gescoord, 30 dagen na zaai. Alle rassen werden gelijktijdig geoogst nl. wanneer het vroegste ras (Bufflehead) oogstrijp was (maaihoogte 25 cm). De gewashoogte bij oogst bedroeg 25, 23 en 15 cm voor respectievelijk Bufflehead, Baboon en Sonoma. Door simultaan te oogsten kon de onkruidbiomassa vergeleken worden bij eenzelfde groeiduur. Alle telbeurten, oogst en sortering werden uitgevoerd zoals beschreven in 3.2.4 Metingen.

Tabel 3.4 Chronologisch overzicht van de uitgevoerde veldactiviteiten: bodembewerkingen, zaai, onkruidbestrijdingen, irrigatiebeurten, oogst en metingen.

Datum	Activiteit
16/7/2019	15 mm beregenen
18/7/2019	Diepwoelen Neolab dent Michel tot 50 cm Rotoreggen tot 10 cm diep, en direct aanrollen met volle rol
22/7/2019	Staalname zaadbankanalyse
30/7/2019	Korst vals zaaibed breken: wiedegegen 5 km u ⁻¹ , 2 cm diep
12/8/2019	Branden 1.5 km/u, 13.33 l C ₃ H ₈ ha ⁻¹
20/8/2019	Tellen onkruidbezetting: nagaan van uniformiteit Wiedegegen 5 km u ⁻¹ , 2 cm diep Zaaien 4 cm diep
23/8/2019	Wiedegegen voor opkomst 2.5 km u ⁻¹ , 2 cm diep
26/8/2019	Bufflehead komt op
27/8/2019	Baboon komt op
28/8/2019	Sonoma komt op
6/9/2019	Opkomststelling
19/9/2019	Scoren bedekkingsgraad
8/10/2019	Proefoogst
9 en 10/10/2019	Biomassa sortering (onkruid, verwerkbare spinazie, spinazietarra, bladsteelaandeel)

3.2.2 Proef 2: Impact van zaaiverbanden

3.2.2.1 Doelstelling

In de gangbare praktijk wordt gangbare spinazie op 12.5 cm gezaaid. Ook indien enkel gewiedegd wordt in na-opkomst, wordt 12.5 cm interrijafstand aangehouden. Bij het in de praktijk weinig courante schoffelen wordt een interrijafstand van 25 cm aangehouden. Enerzijds zorgt een verbreding van de interrijafstand bij gelijkblijvende zaaidensiteit mogelijk voor een hoger onkruidonderdrukkend vermogen in de gewasrij (omwille van de verhoogde intrarijstanddichtheid) en maakt het interrijshoofelen mogelijk, anderzijds verlaagt het mogelijk de vulkracht van het gewas. Om na te gaan wat de beste aanpak is, wordt aan de hand van een veldproef nagegaan welk zaaiverband met bijhorend onkruidbestrijdingssysteem bij oogst het minst onkruid oplevert.

De volgende hypothese wordt gesteld, die via een veldproef nagegaan wordt:

H 2: Het zaaiverband, met geassocieerd mechanisch onkruidbeheer beïnvloedt de finale spinaziekwaliteit, spinazie-opbrengst en onkruidbiomassa bij oogst.

Om deze hypothese te staven, dienen volgende onderzoeksvragen beantwoord te worden:

OV 2.1: Welke combinatie van zaaiverband en onkruidbeheer resulteert in de laagste veronkruiding bij oogst?

OV 2.2: Beïnvloedt een grotere interrijafstand de spinazieopbrengst en spinaziekwaliteit?

3.2.2.2 Proefopzet

Bovenstaande onderzoeksvragen OV 2.1 en OV 2.2 werden onderzocht door middel van een gerandomiseerde blokkenproef met als enige factor het zaaiverband met zijn bijhorende onkruidbestrijdingsmethode. De verschillende objecten werden aangelegd in 5 blokken. De plots hebben elk een bruto oppervlakte (inclusief rijsporen) van 39 m² [3 m breed (namelijk 2 bedbreedtes van 1.5 m) op 13 m lang]. Alle metingen werden uitgevoerd op het linkerbed van elke plot. Deze proef werd ingezaaid met Bufflehead, die bij het zaaien begin september nog een volwaardig gewas kan opleveren.

Objecten 1 en 2 werden aangelegd aan een interrijafstand van 10.5 cm, waarbij niet of wel gewiedegd werd in na-opkomst (Tabel 3.5). Daar in de praktijk een nauwe interrijafstand (12.5 cm) gecombineerd met na-opkomst wieden het meest courant is, fungeert object 2 als praktijkreferentie. Bij object 3 werd afwisselend 1 zaaipijp afgesloten, waardoor de interrijafstand 21 cm bedroeg. Per bed stonden er dus 6 rijen (Figuur 3.8). In object 4 was het doel bandzaai na te bootsen. Dit systeem zou eveneens voor een hogere gewascompetitiviteit in de rij kunnen zorgen, maar de zaailingen staan hierbij minder dicht in de rij waardoor spinazieplanten minder intraspecifieke competitie uitoefenen als in een enkelrijstelsel met interrijafstand van 21 cm. In dit object werden om de 2 zaaipijpen, 1 zaaipijp afgesloten, 2 rijen stonden op 10.5 cm met tussen elke groep van 2 rijen 21 cm (Figuur 3.8). Zowel in object 3 en 4 werden de zones waar de interrijafstand 21 cm bedroeg, geschoffeld (Tabel 3.5).



Figuur 3.8 Schematische voorstelling van de verschillende zaaiverbanden (a) nauw enkel rijstelsel, (b) breed enkel rijstelsel, (c) dubbel rijstelsel. De spinazieplanten stellen de rijen voor (Pictogram: iStock, 2018). De accolades stellen de breedte van één systeemelement voor, bij het dubbel rijstelsel omvat dit 2 rijen. Bemerkt aldus dat de gezaaide breedtes verschillen.

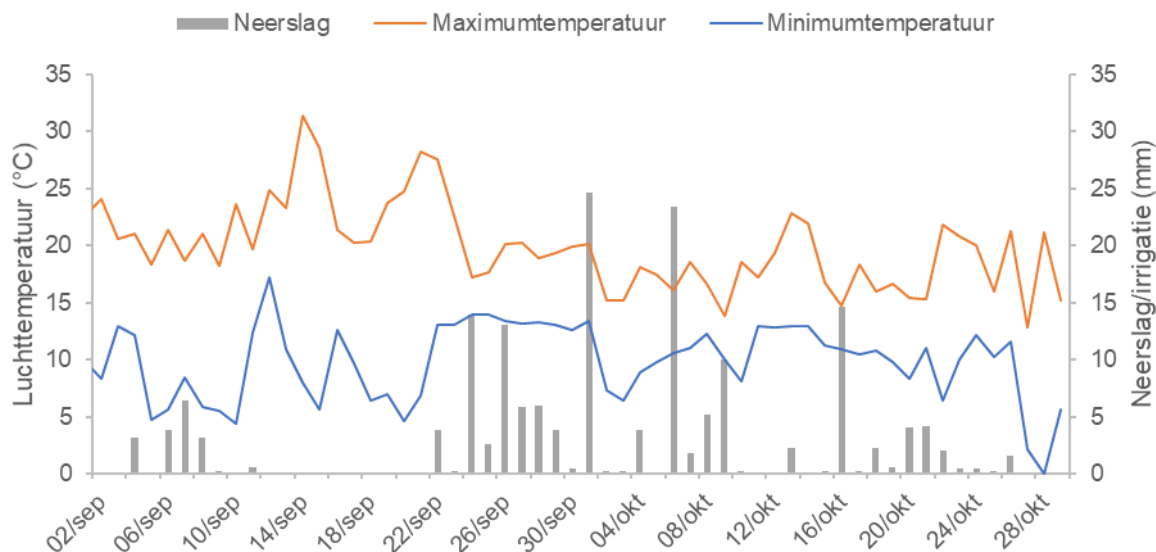
Tabel 3.5 Overzicht van de verschillende zaaiverbanden met bijhorende onkruidbestrijdingsmethode.

Object	Zaaiverband (Interrij-zaai-afstand)	Onkruidbehandeling na-opkomst	Ingebrachte zaden per m rijlengte
1 (blanco)	nauw enkel rijstelsel (10.5 cm)	geen behandeling	41
2 (referentie)	nauw enkel rijstelsel (10.5 cm)	wiedeggen na-opkomst (2 x) (2.5 km u ⁻¹ , 2 cm diep)	41
3	breed enkel rijstelsel (21 cm)	Schoffelen (1x, 2 cm diep)	75
4	dubbel rijstelsel (alternerend 10.5 cm en 21 cm)	Schoffelen (1x, 2 cm diep)	56

Ingebrachte zaden per m rij bij een zaaddosis van 300 zaden m⁻² voor objecten 1 t/m. 4 respectievelijk 31.5, 31.5, 63 en 47 zaden. In deze proef werd aan 390 zaden m⁻² (nauw enkel rijstelsel) of 357 zaden m⁻² (breed enkel rij en dubbel rij) gezaaid op het bed (rijpaden niet ingecalculerd), wat vollevelds (rijpaden wel ingecalculerd) een zaaidensiteit van 300 zaden m⁻² geeft.

3.2.2.3 Weer

Tijdens de teelt (3 september tot en met 29 oktober) viel er 169.2 mm neerslag en was geen beregening vereist (Figuur 3.9).



Figuur 3.9 Verloop van de maximum- en minimumtemperatuur, neerslag en irrigatie tijdens proef 2.

3.2.2.4 Teeltverloop

Een eerste telbeurt werd verricht op 20 augustus om de uniformiteit van onkruiddruk na te gaan. Het perceel lag toen al 8 dagen in zaaiklare toestand. Op 2 september werd het zaaibed met een rotoreg heraangelegd waarna het op 3 september werd ingezaaid met het snelgroeïende spinazieras Bufflehead (Rijk Zwaan, Japans type). Er werd in vooropkomst éénmalig gebrand 5 dagen na zaai, na opkomst werd 2 keer gewiedegd in object 2 en 1 keer geschoffeld in object 3 en 4. De standdichtheid werd bepaald op 14 september. Tijdens de teelt werden verscheidene onkruidtellingen uitgevoerd. De spinazie werd vroegtijdig geoogst bij een gewashoogte van 20 cm; wachten tot een oogstrijpe gewashoogte van 25 à 27 cm was geen optie gezien het gewas anders door wolf (*Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae*) zou wegwijnen (Tabel 3.6). Alle telbeurten, oogst en sortering werden uitgevoerd zoals beschreven in 3.2.4 Metingen.

Tabel 3.6 Chronologisch overzicht van de uitgevoerde veldactiviteiten: bodembewerkingen, zaai, onkruidbestrijdingen, irrigatiebeurten, oogst en metingen.

Datum	Activiteit
22/7/2019	Staalname zaadbankanalyse
20/8/2019	Tellen onkruidbezetting: nagaan van uniformiteit
2/9/2019	Diepwoelen Neolab dent Michel tot 50 cm Rotoreggen tot 10 cm diep
3/9/2019	Zaai met Bufflehead, 4 cm diep
8/9/2019	Tellen onkruidbezetting Branden 3.3 km u^{-1} , $6.06 \text{ l C}_3\text{H}_8 \text{ ha}^{-1}$
10/9/2019	Spinazie komt op
14/9/2019	Opkomststelling
16/9/2019	Tellen onkruidbezetting
17/9/2019	Wiedeggen 2.5 km u^{-1} in object 2, 2 echte bladeren, 2 cm diep
21/9/2019	Tellen onkruidbezetting Schoffelen in object 3 en 4
23/9/2019	Wiedeggen 1.5 km u^{-1} in object 2, 2 à 3 echte bladeren, 2 cm diep
28/9/2019	Tellen standdichtheid object 2
29/10/2019	Proefoogst
30, 31/10/2019, 1/11/2019	Biomassa-sortering (onkruid, verwerkbare spinazie, spinazietarra, bladsteelaandeel)

3.2.3 Proef 3: Impact van geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen

3.2.3.1 Doelstelling

Zowel op vals zaaibed, in vooropkomst als in na-opkomst zijn er allerhande mogelijkheden om het onkruid fysisch (mechanisch/thermisch) aan te pakken. Deze tuigen kunnen zowel niet (thermische) als wel (mechanische) bodemverstoring werken. Mogelijks brengen bodemverstoring tuigen dieper begraven onkruidzaden in kiempositie, wat nieuwe onkruidopkomstgolven kan veroorzaken in de spinazieteelt. Om zo weinig mogelijk onkruid in het gemaaid product te krijgen, dient onderzocht te worden welke combinatie van vals zaaibed-, vooropkomst- en na-opkomstbehandelingen zich hiertoe het best leent. Een optimaal geïntegreerd onkruidbeheersingssysteem is een systeem met aanvaardbare spinazieopbrengst, hoge spinazieopbrengst/onkruidbiomassa verhouding en aanvaardbare kosten. De volgende hypothese wordt gesteld, die via een veldproef nagegaan wordt:

H 3: Een geïntegreerde aanpak waarbij zowel in vals zaaibed, vooropkomst als na-opkomst onkruid bestreden wordt, maximaliseert de spinazie-opbrengst en minimaliseert onkruidbiomassa en onkruidfractie.

Om deze hypothese te staven, dienen volgende onderzoeksvragen beantwoord te worden:

OV 3.1: Draagt een vals zaaibedbehandeling bij tot een geringere onkruiddruk en onkruidaandeel in de geoogste biomassa en welke behandeling (thermisch, mechanisch) is hierbij het meest optimaal?

OV 3.2: Draagt vooropkomst branden bij tot een geringere onkruiddruk en onkruidaandeel in de geoogste biomassa?

OV 3.3: Draagt na-opkomst eggen bij tot een geringere onkruiddruk en onkruidaandeel in de geoogste biomassa?

OV 3.4. Is er voor wat de voor- en na-opkomst behandelingen betreft, een trade-off tussen beperking van gewasschade (uitdunning) enerzijds, en verminderde aanwezigheid van onkruid in het oogstproduct anderzijds?

OV 3.5. Welk geïntegreerd onkruidbeheersingssysteem is het meest duurzaam?

3.2.3.2 Proefopzet

Om onderzoeksvragen 3.1 tot en met 3.5 te kunnen beantwoorden, werd een veldproef aangelegd in een splitsplitplot-design, met als mainfactor de na-opkomstbehandeling, als subfactor de valszaaibedbehandeling en als subsubfactor de vooropkomstbehandeling. De diverse objecten werden aangelegd in 5 blokken. De plots hebben elk een bruto oppervlakte (inclusief rijsporen) van 39 m² [3 m breed (namelijk 2 bedbreedtes van 1.5 m) op 13 m lang]. Deze proef werd ingezaaid met La Paz aan 383 zaden m⁻² bedoppervlak.

In deze proef werd als vals zaaibedbehandeling zowel branden, wiedeggen als een onbehandeld vals zaaibed uitgetest (Tabel 3.7). In vooropkomst werd gekozen voor branden, op basis van een eerdere proef op de bio-afdeling van Inagro kon al besloten worden dat branden in vooropkomst significant minder onkruidbiomassa in het eindproduct gaf ten opzichte van geen vooropkomst behandeling (Dewaele *et al.*, 2015). In na-opkomst werd wiedeggen geëvalueerd. Objecten 1 en 2 weerspiegelen de standaardpraktijk het best. De meeste biospinazietelers wiedeggen achtereenvolgens op vals zaaibed, in vooropkomst en in na-opkomst. Bij een zware onkruiddruk (zandgrond) wordt wiedeggen in vooropkomst wel eens vervangen door branden (Smedts, 2019).

Tabel 3.7 Overzicht van de geteste onkruidbeheersingssystemen.

Onkruidbeheersingssysteem	Onkruidbehandeling op vals zaaibed ¹	Onkruidbehandeling in vooropkomst ²	Onkruidbehandeling na-opkomst ³
1 (referentie)	wiedeggen	branden	wiedeggen (2x)
2 (referentie)	wiedeggen	geen behandeling	wiedeggen (2x)
3	branden	branden	wiedeggen (2x)
4	branden	geen behandeling	wiedeggen (2x)
5	geen behandeling	branden	wiedeggen (2x)
6	geen behandeling	geen behandeling	wiedeggen (2x)
7	wiedeggen	branden	geen behandeling
8	wiedeggen	geen behandeling	geen behandeling
9	branden	branden	geen behandeling
10	branden	geen behandeling	geen behandeling
11	geen behandeling	branden	geen behandeling
12	geen behandeling	geen behandeling	geen behandeling

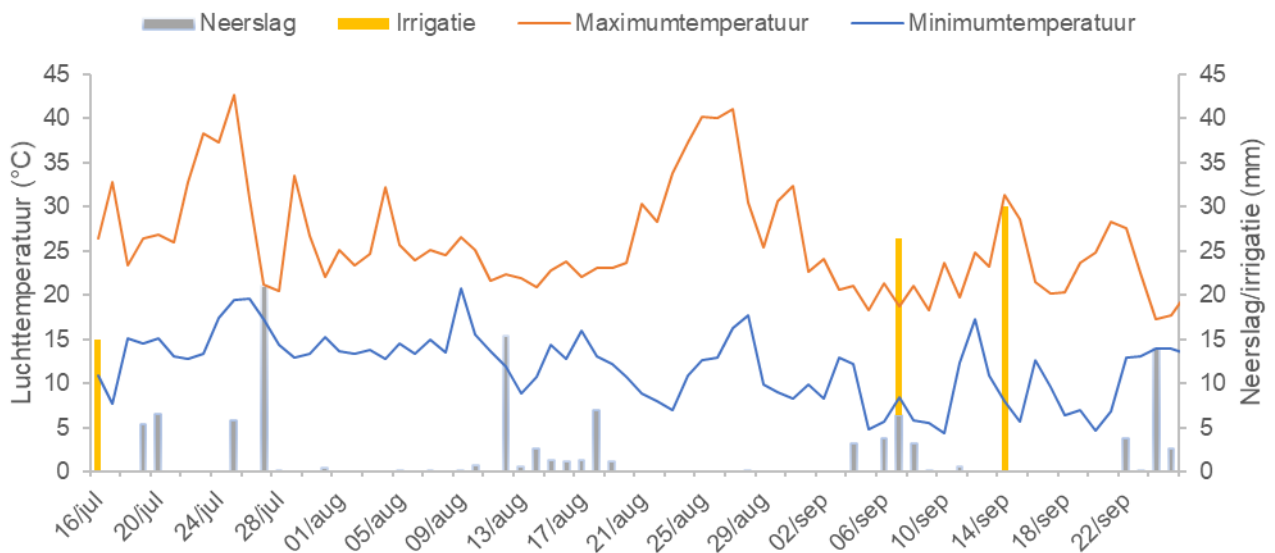
¹Er werd gebrand aan 1.1 km u⁻¹, bij een verbruik van 6 l C₃H₈ u⁻¹ geeft dit 18.18 l ha⁻¹. Wiedeggen gebeurde aan 4 km u⁻¹ en diepte van 2 à 3 cm. Geen behandeling betekent dat er op het vals zaaibed, voor zaai, geen curatieve ingreep werd uitgevoerd.

²Er werd gebrand aan 3 km u⁻¹, bij een verbruik van 6 l C₃H₈ u⁻¹ geeft dit 6.67 l ha⁻¹.

³Wiedeggen 2 cm diep aan 2.5 km u⁻¹ (eerste keer in stadium 2 echte bladeren van spinazie) en 1.5 km u⁻¹ (tweede keer in stadium 3 à 4 echte bladeren van spinazie).

3.2.3.3 Weer

Voor de aanleg van het vals zaaibed werd 15 mm berekend (16 juli 2019), tijdens de teelt werd berekend met 20 mm (7 september 2019) en 30 mm (14 september 2019). Gedurende de teeltperiode (7 augustus tot 24 september) viel er 67.4 mm neerslag. Bemerkt de 2 hittegolven eind juli en eind augustus (Figuur 3.10).



Figuur 3.10 Verloop van de maximum- en minimumtemperatuur, neerslag en irrigatie tijdens proef 3.

3.2.3.4 Teeltverloop

Om onkruidkieming op het vals zaaibed te stimuleren, werd het perceel enkele dagen voordien, op 16 juli met een sproeiboom beregend (Tabel 3.8). Op 18 juli werd het vals zaaibed dan aangelegd. Na 18 juli volgde een zeer intense hittegolf, die eindigde met onweersbuien op 27 juli (3.2.3.3 Weer). Om de korst - ontstaan door deze onweersbuien - te breken, werd deze met een wiedege gebroken op 30 juli vooraleer deze door uitdroging te hard zou worden. Een eerste onkruidtelling werd uitgevoerd op 5 en 6 augustus, om op 7 augustus de vals zaaibedbehandelingen te kunnen uitvoeren en te zaaien met La Paz. Op 12 augustus werd een onkruidtelling uitgevoerd vlak voor het vooropkomst branden, ook net voor de twee na-opkomst wiedegebeurten werd onkruid geteld (19 en 22 augustus). Op 27 augustus werd in de na-opkomst gewiedegde objecten (1-6) tussen de rij geteld om de efficiëntie van de laatste behandelingsbeurt te kunnen nagaan. Wegens droogte werden 2 beregeningsbeurten voorzien (7 en 14 september). De oogst werd op 24 en 25 september - bij een gewashoogte van zo'n 12 cm - vroegtijdig ingezet gezien het gewas geel begon te verkleuren door N-gebrek (Tabel 3.1) Alle telbeurten, oogst en sortering werden uitgevoerd zoals beschreven in 3.2.4 Metingen.

Tabel 3.8 Chronologisch overzicht van de uitgevoerde veldactiviteiten: bodembewerkingen, zaai, onkruidbehandelingen, irrigatiebeurten, oogst en metingen.

Datum	Activiteit
16/7/2019	15 mm beregenen
18/7/2019	Diepwoelen Neolab dent Michel 40-50 cm Rotoreggen 10 cm diep
22/7/2019	Staalname zaadbankanalyse
30/7/2019	Korst vals zaaibed breken: wiedegegen 2 à 3 cm diep
5 en 6/8/2019	Tellen onkruidbezetting
7/8/2019	Branden 1.1 km u^{-1} , $18.18 \text{ l C}_3\text{H}_8 \text{ ha}^{-1}$ Wiedegegen 4 km u^{-1} , 2 cm diep Zaai
12/8/2019	Tellen alle in vooropkomst niet te branden objecten Branden voor opkomst 3 km u^{-1} ('s morgens), 6.7 l ha^{-1} Spinazie komt op ('s avonds)
16/8/2019	Opkomststelling
19/8/2019	Tellen onkruidbezetting
20/8/2019	Wiedegegen na-opkomst 2.5 km u^{-1} , 2 echte bladeren, 2 cm diep
22/8/2019	Tellen onkruidbezetting
23/8/2019	Wiedegegen na-opkomst 1.5 km u^{-1} , 3 à 4 echte bladeren, 2 cm diep
26/8/2019	Tellen standdichtheid
2/9/2019	Scoren bedekkingsgraad
7/9/2019	20 mm beregenen
14/9/2019	30 mm beregenen
24 en 25/9/2019	Proefoogst 7 centrale rijen 3.5m lang
25/9/2019 tot en met 1/10/2019	Biomassa sortering (onkruid, spinazie)

3.2.4 Metingen

Onderstaande metingen werden uitgevoerd (Tabel 3.9), behalve de zaadbankdensiteit steeds binnen de meetzone gedefinieerd in (3.2.4.3 Onkruidbezetting (pl. m⁻²)):

Tabel 3.9 Overzicht van gemeten parameters.

Metingen	Eenheid	Proef 1: Impact van gewasvulkracht	Proef 2: Impact van zaaiverbanden	Proef 3: Impact van geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen
Zaadbankdensiteit	(pl. m ⁻²)	Ja	Ja	Ja
Standichtheid van het gewas	(pl. m ⁻²)	Ja	Ja	Ja
Onkruidbezetting	(pl. m ⁻²)	Ja	Ja	Ja
Bedekkingsgraad	(score 1-4)	Ja	Ja	Ja
Totale spinaziebiomassa	(g m ⁻²)	Ja	Ja	Ja
Verwerkbare spinaziebiomassa	(g m ⁻²)	Ja	Ja	Nee
Spinazietarra	(g m ⁻²)	Ja	Ja	Nee
Bladsteelaandeel	(%)	Ja	Ja	Nee
Onkruidbiomassa	(g m ⁻²)	Ja	Ja	Ja

3.2.4.1 Zaadbankdensiteit

Om de aanwezige onkruidflora, waaronder de aanwezige probleemonkruiden voor spinazie, en de onkruiddruk op het proefperceel te kennen, werd een zaadbankanalyse verricht door middel van de 'zaailing-opkomstmethode'. Hierbij wordt de zaadbank begroot op basis van het aantal zaailingen die uit een sample kiemen. Op 22 juli vond de stalname voor de zaadbankanalyse van alle proeven plaats. Elk proefperceel werd volgens een perceelsdekkend raster genomen met een gutsboor van diameter 4 cm en bemonsteringsdiepte 5 cm (densiteit van 6 tot 20 monsters/100m², Tabel 3.10). De genomen stalen werden samengevoegd en als mengstaal bewaard in een koelcel bij 2°C en 95 % relatieve vochtigheid. Op 8 augustus onderging een subsample van 3000 g van deze mengstalen een natte zeving op een zeef met maaswijdte van 0.2 mm. Het bekomen residu, dat de zaadbank en de grove bodemdeeltjes nog bevat, werd vervolgens gezaaid in een tray gevuld met een onderlaag bestaande uit argexkorrels (2 cm), en een bovenlaag bestaande uit 4 cm universele potgrond. Het residu werd vervolgens afgedekt met 2 mm gezeefde potgrond. De trays werden bevochtigd via subirrigatie. Onkruiden werden gedetermineerd op 19 augustus, 27 augustus, 4 september en 24 september, waarna ze uit de tray verwijderd werden. Na de tweede determinatiebeurt op 27 augustus werd de grond oppervlakkig beroerd om nieuwe kieming te stimuleren.

Tabel 3.10 Zaadbankdensiteit (zaden m²) en -samenstelling volgens de zaailing-opkomstmethode voor de drie proefpercelen.

	Proef 1: Impact van gewasvulkracht	Proef 2: Impact van zaaiverbanden	Proef 3: Impact van geïntegreerde onkruidbeheersings- systemen
Aantal stalen	100	150	150
Oppervlakte (m²) (breedte*lengte)	480 (6 m * 80 m)	936 (12 m * 78 m)	2340 (30 m * 78 m)
Zaadbanksamenstelling en -densiteiten (zaden m² in 0-5 cm toplaag van de bodem)			
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik (herderstasje)	21	22	73
<i>Chenopodium album</i> L. (melganzenvoet)	41	0	0
<i>Coronopus squamatus</i> (Forssk.) Asch. (grove varkenskers)	124	0	18
<i>Erucastrum gallicum</i> (Willd.) O.E.Schulz (schijnraket)	21	43	18
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pavon (harig knopkruid)	515	65	91
<i>Lamium purpureum</i> L. (paarse dovenetel)	41	43	274
<i>Matricaria chamomilla</i> L. (gewone kamille)	21	0	18
<i>Plantago major</i> L. (grote weegbree)	21	0	0
<i>Poa annua</i> L. (straatgras)	350	862	712
<i>Senecio vulgaris</i> L. (klein kruiskruid)	41	43	256
<i>Solanum nigrum</i> L. (zwarte nachtschade)	0	22	0
<i>Sonchus oleraceus</i> L. (gewone melkdistel)	21	0	0
<i>Stellaria media</i> L. (vogelmuur)	41	43	402
<i>Trifolium repens</i> L. (witte klaver)	0	0	18
<i>Urtica dioica</i> L. (grote brandnetel)	62	0	0
<i>Urtica urens</i> L. (kleine brandnetel)	103	65	785
Totaal	1 421	1 207	2 665

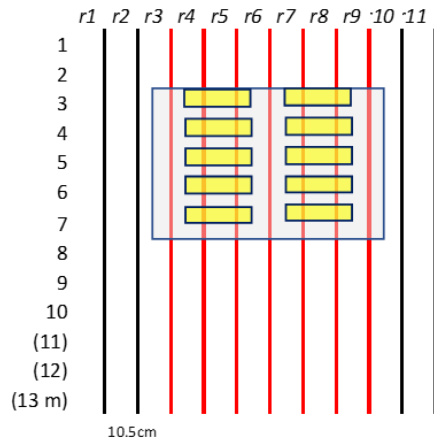
3.2.4.2 Standdichtheid van het gewas (pl. m⁻²)

Ter bepaling van de initiële veldopkomst en eventuele gewasuitdunning door mechanische behandelingen ziekten en plagen, werd periodiek, binnen elke meetzone, omschreven in 3.2.4.3 Onkruidbezetting (pl. m⁻²), 10 keer alle spinazieplanten in een rij over een lengte van 50 cm geteld.

3.2.4.3 Onkruidbezetting (pl. m⁻²)

Om te kunnen nagaan welk effect de verschillende mechanische bestrijdingsmethoden hadden op afdoding en nakieming van onkruid, werd de onkruidbezetting bepaald aan de hand van onkruidtellingen uitgevoerd in 10 telkaders van 10.5 dm² random neergelegd in de centrale meetzone (tevens oogstzone) van elke plot (linkse bed indien 3 m breed). De meetzone start steeds vanaf 2 m van de rand van de plot, en is 5 m lang in proef 1, proef 3 en objecten 1 en 2 van proef 2 (Figuur 3.11). In object 3 en 4 van proef 2 is de meetzone respectievelijk 4.34 of 5.79 m lang (Figuur 3.12 en Figuur 3.13). De meetzone bezit steeds dezelfde oppervlakte. Het telkader werd telkens gecentreerd t.o.v. de spinazierijen die het omvat. De telkaderafmetingen werden afgestemd op het zaaiverband. Een telkader van 21 op 50 cm dient voor een enkelrijstelsel met interrijafstand 10.5 cm (2 rijen in een telkader, proef 1, 2 en 3, Figuur 3.11) of 21 cm (1 rij in een telkader) (proef 2) (Figuur 3.12). Voor een dubbel rijstelsel met alternerende tussenrijafstand van 10.5 cm en 21 cm werd gebruik gemaakt van een telkader van 31.5 op 33 cm (2 rijen in een telkader) (proef 2, Figuur 3.13). Het telkader gebruikt in proef 2 was voorzien van gespannen draden welke de interrij- en intrarij-stroken (4 cm strook gecentreerd t.o.v. gewasrij) afbakenden. Op deze wijze kon de onkruidbezetting voor elke strook apart gekwantificeerd worden. Op 2 cm links en rechts van de spinazie-rij bevindt zich een touw in het kader, dit laat bij alle proeven toe een tussen-rij-zone en in-rijzone te tellen. Tellingen werden verricht zolang ze precies en zonder substantiële gewasbeschadiging konden gebeuren.

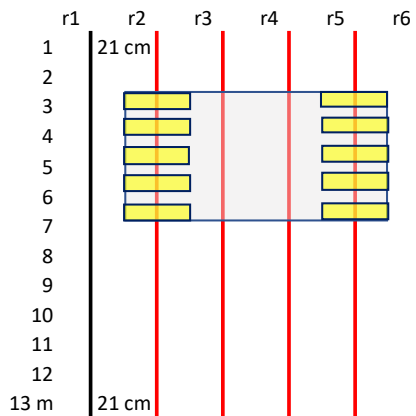
Interrijafstand 10.5cm



Meetzzone		0.73m x 5m	3.65m ²
Telkader		21cm x 50cm	0.105m ²
Oogstrij			
<i>Proef 2</i>			
Oogstoppervlakte =	3 m ²	7 rijen van 4.1 m	
Maaibreedte =	73.5 cm		
<i>Proef 1 & 3</i>			
Oogstoppervlakte =	2.57 m ²	7 rijen van 3.5 m	
Maaibreedte =	73.5 cm		

Figuur 3.11 Schematische voorstelling plot met enkelrijstelsysteem met interrijafstand 10.5 cm (proef 1, 2 en 3): zaaiverband, positionering meetzone, telkader en oogstoppervlak. Het oogstoppervlak werd aangelegd binnen de meetzone.

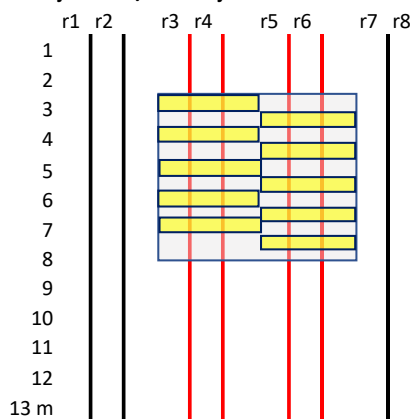
Interrijafstand 21cm



Meetzzone		0.84m x 4.34m	3.65m ²
Telkader		21cm x 50cm	0.105m ²
Oogstrij			
Oogstoppervlakte =	3 m ²	4 rijen van 3.57m	
Maaibreedte =	84cm		

Figuur 3.12 Schematische voorstelling plot met enkelrijstelsysteem met interrijafstand 21 cm (proef 2, object 3) : zaaiverband, positionering meetzone, telkader en oogstoppervlak. Het oogstoppervlak werd aangelegd binnen de meetzone.

Dubbele rij 10.5cm/tussenrijafstand 21 cm



Meetzzone		0.63m x 5.79m	3.65m ²
Telkader		31.5cm x 33cm	0.105m ²
Oogstrij			
Oogstoppervlakte=	3m ²	4 rijen van 4.76 m	
Maaibreedte=	63 cm		

Figuur 3.13 Schematische voorstelling plot met dubbelrij systeem met alternerende interrijafstand 10.5 - 21 cm (proef 2, object 4): zaaiverband, positionering meetzone, telkader en oogstoppervlak. Het oogstoppervlak werd aangelegd binnen de meetzone

3.2.4.4 Bedekkingsgraad

De bedekkingsgraad van spinazie werd niet-destructief gekwantificeerd met behulp van een kartonnen meetkader met 8 rechthoekige vensters van 10.5 op 12 cm in dambordpatroon, dat 5 keer werd neergelegd binnen de centrale meetzone. De bedekking werd gescoord per individueel venstertje op een schaal van 1 tot 4 volgens het percentage oppervlakte bedekt door spinazie: 1 = 0-25%, 2 = 26-50%, 3 = 51-75% en 4 = 76-100%. Er werden 40 vensters beoordeeld per plot.

3.2.4.5 Bepaling opbrengst en kwaliteit van spinazie

De oogst werd uitgevoerd bij een gewashoogte van zo'n 25 cm (gemeten met vouwmeter), tenzij andere parameters de spinazie beletten deze hoogte te bereiken (N-tekort in proef 3 (Tabel 3.1): 12 cm, ongunstige weersomstandigheden in proef 2: 20 cm). Hierbij werd de spinazie afgesneden tot tegen de grond. Normaliter is de maaihoogte van industriespinazie hoger (5 à 7 cm), om echter de relatie tussen onkruidbiomassa en spinaziebiomassa te kunnen onderzoeken werd de maaihoogte verlaagd opdat ook laaggroeiende onkruiden in rekening konden worden gebracht.

Bij oogst werden van de 11 gezaaide rijen, de centrale 7 rijen (breedte van 73.5 cm) geoogst over een lengte van 3.5 m (Figuur 3.11). De buitenste 2 randrijen bleven staan om randeffecten te vermijden. Per plot werd er dus 2.5725 m² geoogst in proef 1 en 3. Proef 2 kent een oogstoppervlak van 3 m²: voor een enkelrijstelsysteem met interrijafstand 10.5 cm werden de 7 centrale rijen geoogst, over een lengte van 4.1 m (0.735 m x 4.1 m) (Figuur 3.11); voor een enkelrijstelsysteem met interrijafstand 21 cm werden de 4 centrale rijen geoogst over een lengte van 3.57 m (0.84 m x 3.57 m) (Figuur 3.12); voor een dubbelrijstelsysteem met alternerende rijafstand worden de centrale 4 rijen geoogst over een lengte van 4.76 m (0.63 m x 4.76 m) (Figuur 3.13).

De geoogste biomassa werd bewaard in een koelcel van de biohoeve van Inagro, ingesteld op 2 °C en 95 % relatieve vochtigheid. De biomassa werd binnen de 7 dagen na oogst gesorteerd op verwerkbaar spinazie (= groene spinaziebladschijven met/zonder aanhangende steel), spinazietarra (= niet-buikbare spinaziefracties met name kiembladen, losse stelen², geel blad, blad met wolf (*Peronospora farinosa f. sp. spinaciae*), blad met duidelijke sporen van vraatschade) en onkruid. Schietstengels kwamen niet voor. Om het aandeel bladstelen in de verwerkbaar spinaziebiomassa te bepalen, werd een subsample van ruim 1 kilogram uit deze verwerkbaar spinazie genomen en gesplitst net onder de bladvoet. De onkruidfractie werd berekend door de onkruidbiomassa opbrengst te delen door de totale biomassa (spinazie en onkruid). De tarrafractie werd bekomen door de spinazietarra te delen door de totale spinaziebiomassa. In proef 3 werd enkel de totale spinaziebiomassa en onkruidbiomassa bepaald, ook het bladsteelaandeel werd niet bepaald.

² In industriële verwerking worden losse stelen mee met het product verwerkt, al worden ze mee getarreerd voor de bepaling van het bladsteelaandeel (Verdure, 2019).

3.2.5 Statistische dataverwerking

De volledige statistische dataverwerking werd uitgevoerd met het programma R (versie 3.6.3, 2020). Van de verschillende gemeten parameters werd de homoscedasticiteit en normaliteit nagegaan met respectievelijk de Modified Levene test en een Kolmogorov-Smirnov normaliteitstest (significantieniveau $p < 0.05$). Er werd steeds aan de voorwaarden voldaan ($p > 0.05$), transformaties waren niet vereist in deze proeven.

Een Anova-analyse werd uitgevoerd om aan te duiden of de proeffactoren (en hun onderlinge interacties) een significante ($p < 0.05$) invloed op de gemeten parameters uitoefenden (Tabel 3.11). Indien er significante effecten aanwezig waren, werd de Fisher's LSD (Least Significant Difference) berekend om de significante verschillen ($p < 0.05$) tussen de objecten te kunnen aanduiden (Gomez & Gomez, 1984). Bij de 3-weg Anova van proef 3 en de 2-weg Anova van proef 1 werd de formule voor LSD-berekening van de verschillende hoofdfactoren aangepast aan aanwezige significante interactie-effecten volgens Gomez & Gomez (1984). Verschillen tussen 2 gemiddelden die kleiner zijn dan de LSD zijn niet significant ($p < 0.05$).

Tabel 3.11 Uitgevoerde Anova analyse met bijhorende factoren

Proef	Design	Anova	Factoren ¹
Proef 1	Gerandomiseerde blokkenproef	1-weg	Ras
Proef 2	Gerandomiseerde blokkenproef	1-weg	Interrijafstand met bijhorend na-opkomst onkruidbehandeling
Proef 3	Splitsplitplot proef	3-weg	Na-opkomst, vals zaaibed en vooropkomst, en hun onderlinge interacties

¹ Samen met blokfactor

$$SE = \frac{\sqrt{\text{var}(x)}}{n}$$

Formule voor berekening van standaardfout

$$LSD = s_d * t_{v;0.05}$$

Berekening van de LSD (least significant Difference). s_d = standard error of the mean Difference, n = aantal herhalingen, $t_{v;0.05}$ = tabelwaarde van de t-verdeling met v het aantal vrijheidsgraden van de residuen.

Proef 1 kent 2 factoren, namelijk Ras en Zaaicensiteit. Deze proef kon niet via een 2-weg Anova geanalyseerd worden (4.1.1 Resultaten), maar werd verricht op datadeelsets. Enerzijds werden lineaire regressies uitgevoerd op rassendeelsets om de effecten van spinaziestanddichtheid en -bedekking op spinazieopbrengst, spinaziekwaliteitsparameters en onkruidparameters te analyseren. Anderzijds werden 1-weg Anova's uitgevoerd op zaaidichtheid-deelsets om raseffecten na te gaan (4.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht).

Na de uitgevoerde Anova werden de residuen geplot als extra test op homoscedasticiteit en een Quantile-Quantile plot als extra test op normaliteit bovenop een Shapiro-Wilk normaliteitstest. Om twee telmomenten (binnen elke proef: eerste en laatste onkruidtelling, 2 standdichtheidstellingen) met elkaar te vergelijken, werd gebruikt gemaakt van de Student t-test en objectspecifiek vergeleken. Vervolgens kon de effectgrootte nagegaan worden via de Cohen's d maat voor effectgrootte (Tabel 3.12).

$$d = \frac{\mu_1 - \mu_2}{s}$$

Berekening van de Cohen's d, met μ_1 en μ_2 de gemiddelden van de 2 te vergelijken groepen, en s de standaarddeviatie bij homoscedasticiteit. Indien niet homoscedastisch dient de gepoolde standaarddeviatie gebruikt te worden.

Tabel 3.12 Effectgrootte horende bij de berekende Cohen's d.

Effectgrootte	d
Verwaarloosbaar	<0.2
Klein	<0.5
Medium	<0.8
groot	≥0.8

4. Resultaten en discussie

4.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht

4.1.1 Resultaten

De onkruiddruk was homogeen overheen het volledige proefvlak, en bedroeg voor de vals zaaibedbehandeling gemiddeld 111 planten m⁻² (20 augustus) (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 2-weg Anovatable onkruiddruk op 20 augustus.

Anova ¹	Blok	Zaadensiteit	Ras	Zaadensiteit x Ras
	NS	NS	NS	NS

¹NS = niet significant; * = p<0.05; ** = p<0.01; *** = p<0.001

Ondanks een verschil in zaaidensiteit (377 of 485 vitale zaden m⁻² op het bed, Tabel 3.3), had de zaaidensiteit geen significant effect op de standdichtheid van het gewas. Ook al was de zaaddosis per ras gecorrigeerd voor kiemkracht, toch had het ras een significante invloed op de standdichtheid (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Standdichtheid van het gewas (pl. m⁻²) op 6 september (17 dagen na zaai) en 2-weg Anova overzicht.

Ras	Baboon	Bufflehead	Sonoma
LSD ¹ Ras = 35.6			
Gemiddelde ² ± SE	105 ± 15.5 ab	134 ± 19.3 a	72 ± 8.5 b

Anova ³	Blok	Zaadensiteit	Ras	Zaadensiteit x Ras
	**	NS	**	NS

¹LSD = Least Significant Difference (p <0.05)

²Gemiddeldes in éénzelfde rij met met een gemeenschappelijke letter zijn niet significant verschillend (p <0.05)

³NS = niet significant; * = p <0.05; ** = p <0.01; *** = p <0.001

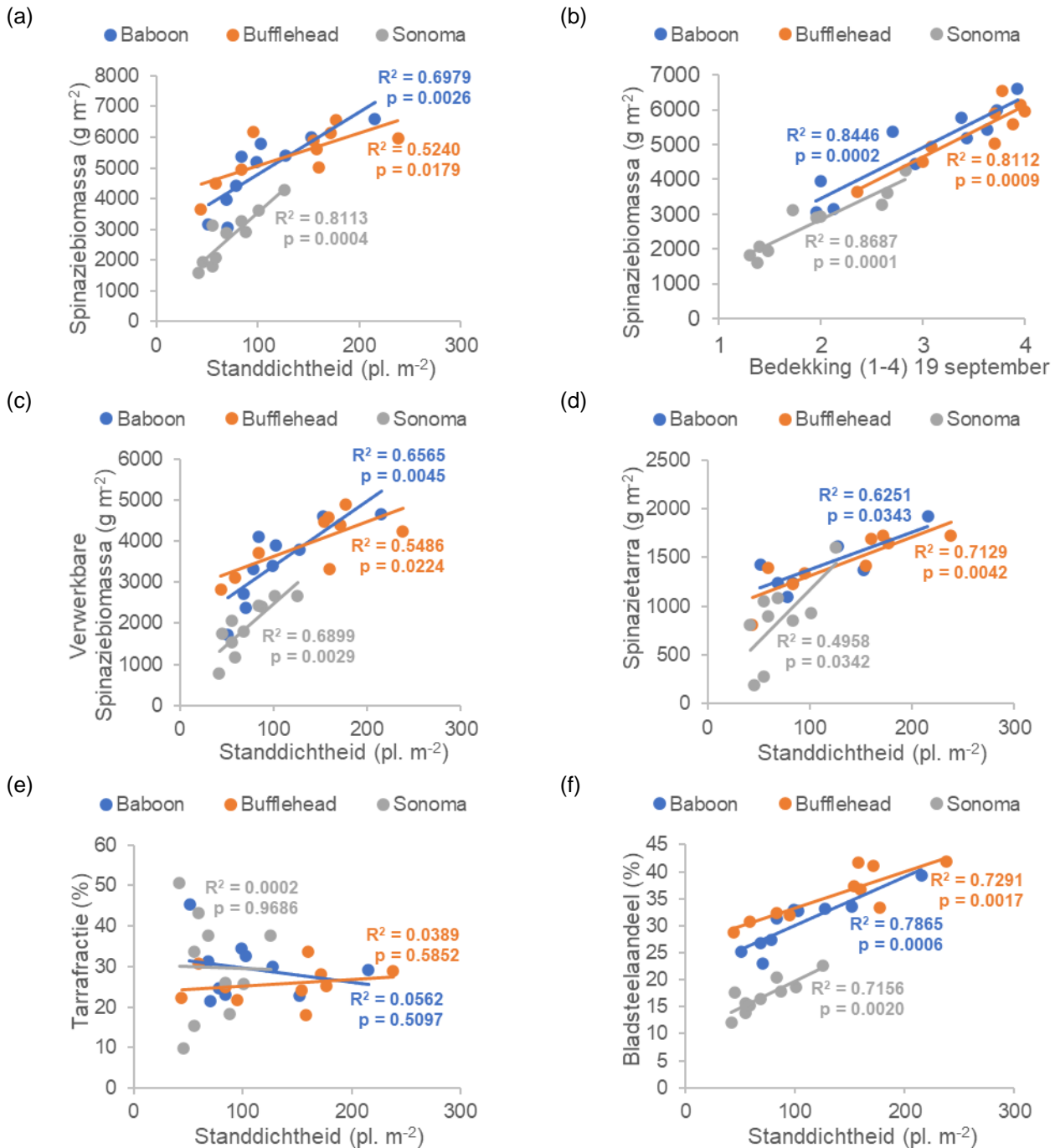
Daar de objecten met hoge en lage zaaidensiteit tegen alle verwachtingen³ in niet significant verschilden in spinazie-standdichtheid, werd de dataset opgesplitst in deelsets (één per ras) om het effect van de zaaidensiteit via lineaire regressie alsnog na te kunnen gaan, los van het ras-effect.

³ De zaaidensiteit werd aangepast aan de kiemkracht van de verschillende rassen en de gewenste standdichtheid (Tabel 3.3), waardoor er geen raseffect en wel een zaaidensiteitseffect verwacht werd.

4.1.1.1 Effecten van de standdichtheid van de spinazie op spinazie- en onkruidparameters

4.1.1.1.1 Spinazie-parameters

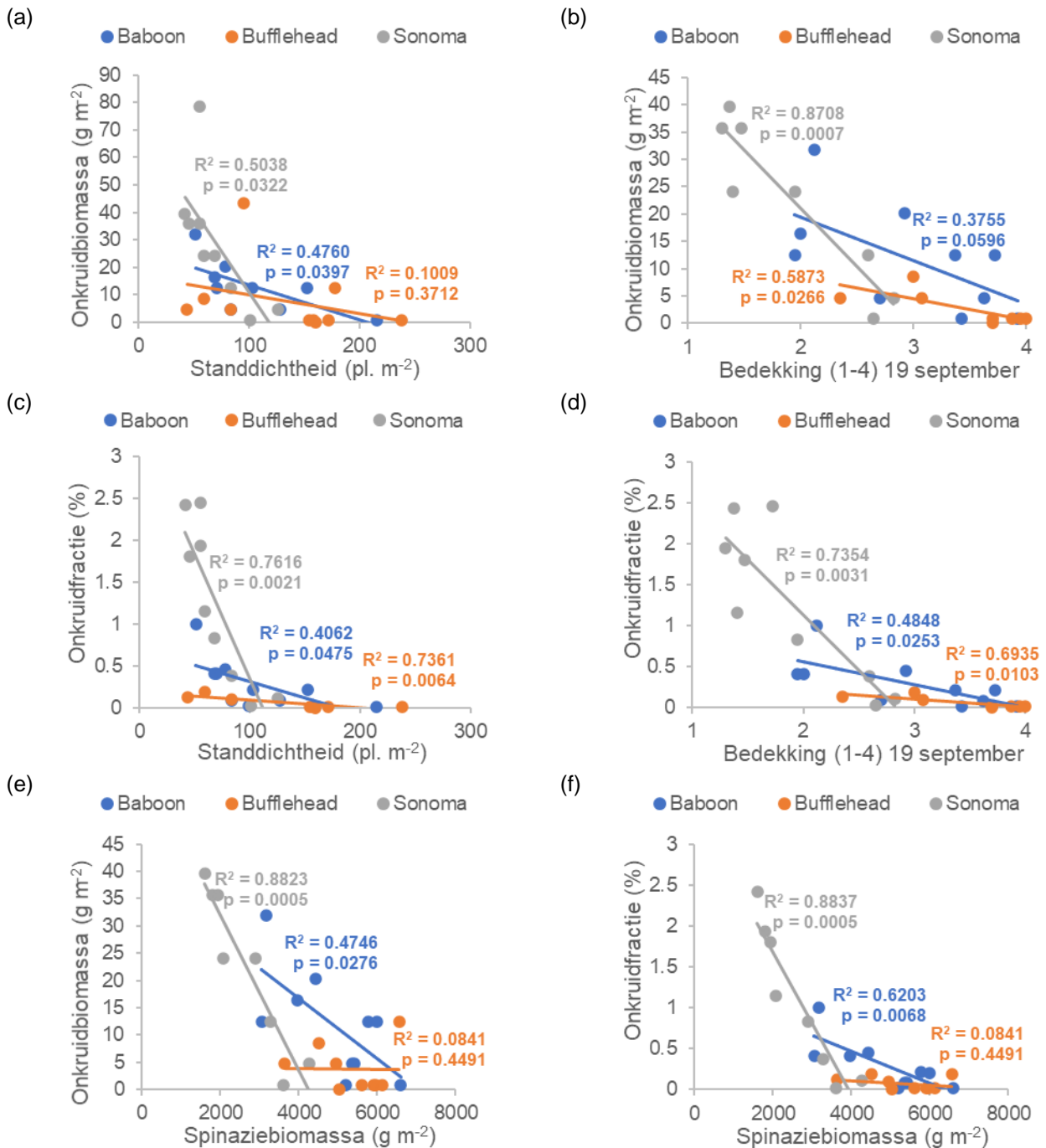
De stijging aan spinaziebiomassa met een stijgende standdichtheid was steeds significant en varieerde van 10.6 g (Bufflehead; range van 44 tot 238 planten m⁻²) tot 29.4 g (Sonoma; range van 42 tot 125 planten m⁻²) per extra plant (Figuur 4.1). Sonoma bezat steeds de laagste spinaziebiomassa voor éénzelfde standdichtheid lager dan 125 pl. per m². Ook de spinaziebiomassa en de bedekkingsgraad waren significant positief gecorreleerd, met gemiddeld 1 450 g m⁻² extra biomassa per scoregraad. De verwerkbare spinaziebiomassa en spinazietarra steeg ook significant met een stijgende standdichtheid, variërend van 8.5 g (Bufflehead) tot 19.8 g (Sonoma) verwerkbare spinazie en 3.8 g (Baboon) tot 10.7 g (Sonoma) spinazietarra per extra plant. In tegenstelling tot de spinazietarra was de tarrafractie onafhankelijk van de spinaziedensiteit. Verder beïnvloedde de standdichtheid het bladsteelaandeel significant met 6.7 (Bufflehead) tot 9.9 (Sonoma) procentpunten per 100 extra planten. De parameters horende bij deze curves zijn te raadplegen in Bijlage 1 (7.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht).



Figuur 4.1 Lineaire regressies tussen opbrengst (verse massa) of kwaliteit (verse massa) van de gesneden spinazie voor de verschillende rassen enerzijds en standdichtheid of/ en bedekkingsgraad (19 september) anderzijds, met p waarde (significantieniveau $p < 0.05$) en R² (determinatiecoëfficiënt). (a) spinaziebiomassa (g m⁻²) i.f.v. standdichtheid (pl. m⁻²), (b) spinaziebiomassa (g m⁻²) i.f.v. bedekkingsgraad (1-4), (c) verwerkbare spinaziebiomassa (g m⁻²) i.f.v. standdichtheid (pl. m⁻²), (d) spinazietarra (g m⁻²) i.f.v. standdichtheid (pl. m⁻²), (e) tarrafractie (%) i.f.v. standdichtheid (pl. m⁻²), (f) bladsteelaandeel (%) i.f.v. standdichtheid (pl. m⁻²). De bedekkingsgraad van de spinazie werd gescoord volgens een schaal van 1 tot 4 volgens het percentage oppervlakte bedekt door spinazie: 1 = 0-25%, 2 = 26-50%, 3 = 51-75% en 4 = 76-100%. Parameters horende bij deze curves zijn te raadplegen in Bijlage 1 (7.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht).

4.1.1.1.2 Onkruidparameters

Enkel bij Baboon en Sonoma daalde de onkruidbiomassa significant met een stijgende spinaziestanddichtheid (Figuur 4.2). Ook de onkruidbiomassa daalde door een stijgende bedekkingsgraad van het gewas (significant voor Bufflehead en Sonoma). De onkruidfractie daalde significant met een stijgende standdichtheid, al is deze voor Bufflehead en Baboon maar heel beperkt (0.09 en 0.4 procentpunten minder per 100 planten extra). Een hogere bedekkingsgraad zorgde steeds voor een significant lagere onkruidfractie. Bij Baboon en Sonoma was een significante daling van onkruidbiomassa en onkruidfractie bij stijgende spinazieopbrengst waarneembaar. De parameters horende bij deze curves zijn te raadplegen in Bijlage 2 (7.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht).



Figuur 4.2 Lineaire regressies tussen onkruidbiomassa of onkruidfractie (verse massa) voor de verschillende rassen enerzijds en standdichtheid, bedekkingsgraad (19 september) of spinaziebiomassa anderzijds, met p waarde (significantieniveau $p < 0.05$) en R² (determinatiecoëfficiënt). (a) onkruidbiomassa (g m⁻²) i.f.v. standdichtheid (pl. m⁻²), (b) onkruidbiomassa (g m⁻²) i.f.v. bedekkingsgraad (1-4), (c) onkruidfractie (%) i.f.v. standdichtheid (pl. m⁻²), (d) onkruidfractie (%) i.f.v. bedekkingsgraad (1-4), (e) onkruidbiomassa (g m⁻²) i.f.v. spinaziebiomassa (g m⁻²), (f) onkruidfractie (%) i.f.v. spinaziebiomassa (g m⁻²). De bedekkingsgraad van de spinazie werd gescoord volgens een schaal van 1 tot 4 volgens het percentage oppervlakte bedekt door spinazie: 1 = 0-25%, 2 = 26-50%, 3 = 51-75% en 4 = 76-100%. Parameters horende bij deze curves zijn te raadplegen in Bijlage 2 (7.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht).

4.1.1.2 Raseffecten op spinazie- en onkruidparameters

Om de raseffecten na te gaan werd de deelset opgesplitst volgens lage en hoge zaaidensiteit. Bij lage zaaidensiteit had ras geen significant effect ($p = 0.0572$) op de standdichtheid indien de niet significante blokfactor uit het Anovamodel verwijderd werd (Bijlage 3, 7.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht). Bij hoge zaaidensiteit had het ras eveneens geen significant effect ($p = 0.123$) op de standdichtheid (Tabel 4.3). Enkel de deelset hoge zaaidensiteit werd beschouwd voor verdere analyse (resultaten voor lage zaaidensiteit zijn vergelijkbaar).

Sonoma kwam significant achter in spinaziebiomassa (ruwweg 3/5 van Baboon of Bufflehead), en dus ook significant lager in verwerkbare spinazie en spinazietarra, al was er geen significant verschil waarneembaar in tarrafractie. Sonoma had een bladsteelaandeel dat de helft van Baboon of Bufflehead bedroeg (significant). Er waren geen significante rasverschillen in onkruidbiomassa en onkruidfractie. Visueel had Sonoma duidelijk een lagere spinaziebiomassa en een hogere onkruidbiomassa (Figuur 4.3, Figuur 4.4 en Figuur 4.5).

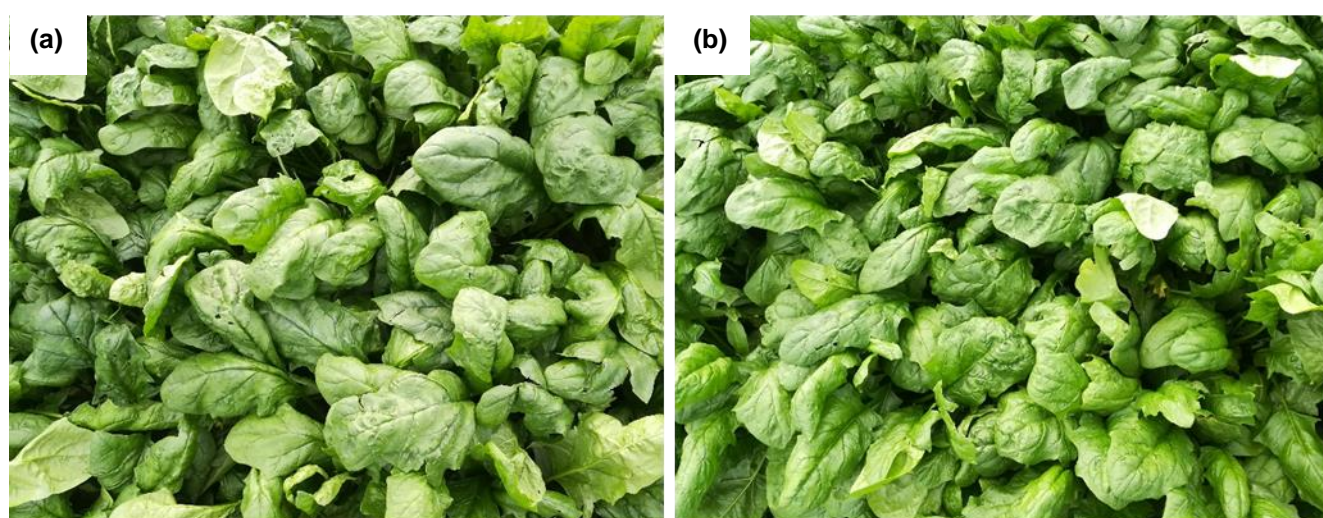
Tabel 4.3 Standdichtheid, opbrengst (verse massa) en kwaliteit (verse massa) van de gesneden spinazie (gemiddelde \pm SE) voor de verschillende rassen (gewashoogte tussen haakjes) voor de deelset van plots met hoge zaaidensiteit. Daarnaast output Anova voor gerandomiseerde blokkenproef met factor ras.

		Baboon	Bufflehead	Sonoma	LSD ²	Anova ³	
		(23 cm)	(25 cm)	(15 cm)		Blok	Ras
Standdichtheid	pl. m ⁻²	114 \pm 28.6	133 \pm 36.3	73 \pm 8.8		*	NS
Spinaziebiomassa¹	g m ⁻²	4 800 \pm 718.4 a	5 228 \pm 492.1 a	2 942 \pm 306 b	1 276.9	NS	**
Verwerkbare spinaziebiomassa¹	g m ⁻²	3 298 \pm 537.0 a	3 814 \pm 348.3 a	2 102 \pm 206.4 b	1 133.0	NS	*
Spinazietarra¹	g m ⁻²	1 502 \pm 230.1 a	1 413 \pm 167.3 a	839 \pm 146.4 b	236.0	***	***
Tarrafractie	%	31.67 \pm 3.86	26.82 \pm 1.61	27.68 \pm 3.81		NS	NS
Bladsteelaandeel¹	%	30.68 \pm 2.96 a	35.98 \pm 2.66 a	16.97 \pm 1.15 b	5.74	NS	***
Onkruidbiomassa	g m ⁻²	12 \pm 5.4	3 \pm 1.6	30 \pm 13.4		NS	NS
Onkruidfractie	%	0.34 \pm 0.18	0.07 \pm 0.03	1.12 \pm 0.46		NS	NS

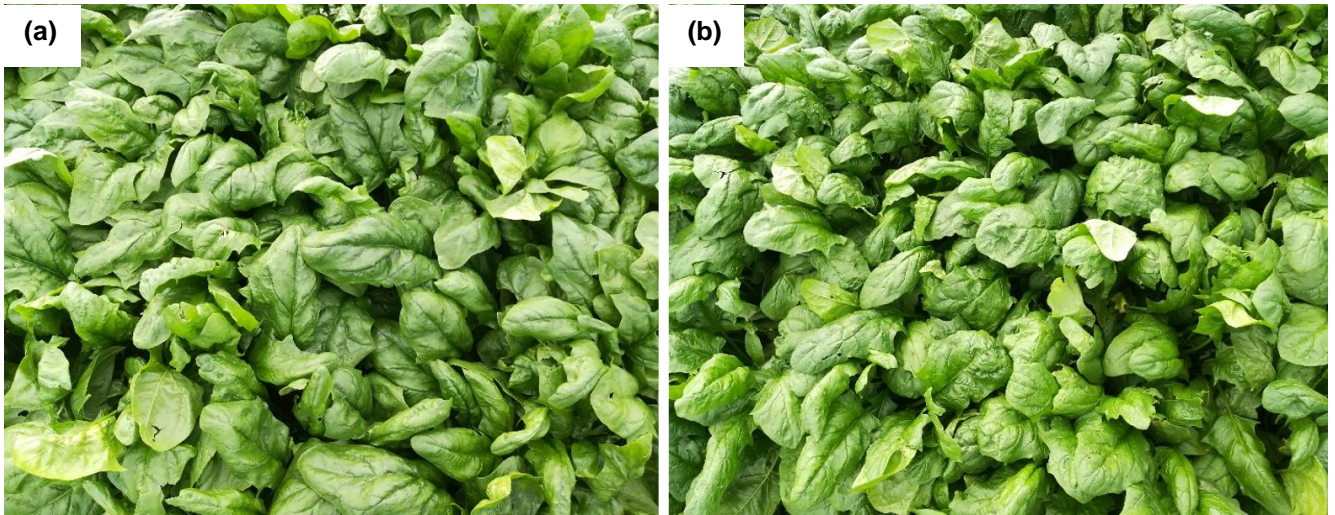
¹Gemiddeldes in éénzelfde rij met met een gemeenschappelijke letter zijn niet significant verschillend ($p < 0.05$)

²LSD = Least Significant Difference ($p < 0.05$)

³NS = niet significant; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$



Figuur 4.3 Baboon aan een theoretische zaaidensiteit van 300 (a) en 400 (b) zaden m⁻². Op deze foto's zijn er geen onkruiden te zien die boven het bladerdek uitsteken. Fotodatum 12 oktober, 53 dagen na zaai.



Figuur 4.4 Bufflehead aan een theoretische zaaidensiteit van 300 (a) en 400 (b) zaden m^{-2} . Op deze foto's zijn er geen onkruiden te zien die boven het bladerdek uitsteken. Fotodatum 12 oktober, 53 dagen na zaai.



Figuur 4.5 Sonoma aan een theoretische zaaidensiteit van 300 (a) en 400 (b) zaden m^{-2} . De lage standdichtheid en de hogere onkruidbezetting (op deze foto's voornamelijk *Stellaria media* L., ook *Urtica urens* L. en *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pavon, zijn duidelijk zichtbaar. Fotodatum 12 oktober, 53 dagen na zaai.

4.1.2 Discussie

In de huidige proef werden alle rassen gelijktijdig geoogst (bij gelijke groeiduur), ongeacht de reeds bereikte gewashoogte. Onder deze condities vertoonden de rassen significante verschillen in spinazie-opbrengst met de laagste opbrengst voor Sonoma en de hoogste voor Bufflehead. Mogelijk zijn deze verschillen het gevolg van een verschil in snelheid van gewasontwikkeling. In rassenproeven die louter de agronomische waarde van de rassen evalueren, worden de rassen immers geoogst bij een maaihoogte van ongeveer 25 cm, en dus bij een verschillende groeiduur. Net zoals in rassenproeven vastgesteld, varieert het bladsteelaandeel afhankelijk van het ras (Inagro, 2015; Inagro, 2016a; Inagro, 2016b; Inagro, 2019). Het Japans type Bufflehead (gewashoogte 25 cm) had een hoger bladsteelaandeel dan het gewoon type Baboon (23 cm), en Sonoma (15 cm, niet oogstrijp) wat bevestigt dat Japanse types een hoger bladsteelaandeel bezitten (Inagro, 2015; Inagro, 2016a, Decroos, 2020). Naar tarrafractie en onkruidfractie kon in deze proef geen significante rasverschillen worden vastgesteld. Bij de laatste telbeurt (9 september, 20 dagen na zaai) waren er maximaal 11 onkruiden m^{-2} aanwezig (niet weergegeven in de resultaten).

Uit de lineaire regressiegrafieken viel wel af te leiden dat, voor éénzelfde standdichtheid, de spinaziebiomassa-opbrengst hoger was bij Baboon en Bufflehead dan bij Sonoma (gemakkelijk 1 kg m⁻² extra). De tarrafractie was gelijklopend voor Baboon en Sonoma, en hoger dan Bufflehead (5 à 10 procentpunten) bij standdichtheden onder 125 pl. m⁻². Het bladsteelaandeel lag bij Baboon en Bufflehead ook minstens 10 procentpunten hoger. Verder was de onkruidbiomassa en onkruidfractie bij standdichtheden beneden 100 pl. m⁻² steeds hoger bij het meer gedrongen Sonoma dan bij Baboon en Bufflehead. Door zijn gedrongen habitus kon Sonoma de competitie met onkruid niet aan bij zeer lage standdichtheden (beneden 100 pl. m⁻²). Om vroeg in het groeiseizoen al te kunnen concurreren, dient Sonoma minstens een standdichtheid van 100 pl. m⁻² te kennen. Anderzijds reageert Sonoma naar onkruidbiomassa het felst op een stijgende standdichtheid. Dit in tegenstelling tot Bufflehead, die met zijn opgerichte bladstand naar onkruidwerendheid (onkruidbiomassa en onkruidfractie) veel zwakker dan Sonoma en Baboon (vlakke types) reageert op een stijgende standdichtheid. Optimalisatie naar onkruidwerendheid en opbrengst behoren aldus rassen specifiek uitgevoerd te worden. In onder andere wintertarwe werd al bevestigd dat rassen met een hogere LAI en een planofielere bladstand meer onkruidonderdrukkend zijn (Drews *et al.*, 2009).

Uit de regressieanalyses met de verschillende rassendeelsets, bleek duidelijk dat om een hoge spinazie-opbrengst en lage onkruidfractie te bekomen, de standdichtheid best zo hoog mogelijk, ligt binnen het standdichtheidsbereik van 42. tot 238 pl. m⁻². Een stijgende standdichtheid verhoogde de spinaziebiomassa, de verwerkbare spinaziebiomassa, de spinazietarra en het bladsteelaandeel, maar verlaagde de onkruidbiomassa en de onkruidfractie, en had geen effect op de tarrafractie. Ook Olsen *et al.* (2012) bekwam met zomertarwe (*Triticum aestivum* L.) een lagere onkruidbiomassa bij een hogere standdichtheid (196, 441 en 729 zaden m⁻²) ($p < 0.0001$, absolute hoeveelheden niet meegegeven). In deze veldproef bedroeg de veldopkomst bij lage en hoge zaaidensiteit gemiddeld respectievelijk 21 en 19 % voor Baboon, 32 en 23 % voor Bufflehead en 18 en 14 % voor Sonoma. In de gangbare rassenproeven van Inagro [2016b (herfstspinazie) en 2019 (lentespinazie)] is respectievelijk slechts 55 en 69 % van de zaden (300 zaden m⁻²) opgekomen (167 en 206 pl. m⁻²). Toch werd gemiddeld 29.3 ton ha⁻¹ herfst- en 40.7 ton ha⁻¹ lentespinazie geoogst. Een opkomst van 200 pl. m⁻² gecombineerd met een regelmatige stand, is een goed uitgangspunt voor een geslaagde gangbare teelt die voldoet aan alle kwaliteitsnormen (Inagro, 2019). Een hogere stand zorgt ervoor dat de planten elkaar teveel concurrentie aandoen, waardoor de kwaliteit vermindert (een te vol, gerokken gewas met veel geel blad en bladstelen als gevolg). Deze densiteit wordt aldus in de biologische teelt als streefwaarde overgenomen (Verdure, 2019). Toch kan deze naar onkruidwerendheid toe anders liggen.

Daar in deze proef geen hogere standdichtheden dan 238 planten m⁻² voorkwamen, kon niet bepaald worden wat de ideale standdichtheid was om de spinazieopbrengst te maximaliseren en tegelijkertijd onkruidfractie en bladsteelaandeel te beperken (overigens dienen hiervoor curvilineaire regressies uitgevoerd te worden). Bij de huidige range aan standdichtheden in deze proef, werd de tarrafractie niet beïnvloed. Indien de standdichtheid evenwel verder zou toenemen kan mogelijk wel meer tarra aanwezig zijn. Volgens Dewaele *et al.* (2015) kan een hoge standdichtheid bij lentespinazie immers aanleiding geven tot een groter risico op schot.

De bekomen curves en waarden omtrent spinazietarra, bladsteelaandeel en onkruidbiomassa overschrijden vaak de volgens het contract toegelaten aandeel van 5 % gele bladeren, 5 % bladeren met wolf/ mineergangen voor pureespinazie (van schot was geen sprake) en 1 % *Stellaria media* L. en/of *Urtica* spp. voor pureespinazie, en bladsteeltolerantielimieten (namelijk 20 % voor bladspinazie en 35 % voor pureespinazie) (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019). Visueel bestond de onkruidbiomassa voornamelijk uit *Stellaria media* L. en *Urtica urens* L., er kwamen geen onkruiden voor met nultolerantie. Verder was ook de spinazie-opbrengst soms hoger dan de in het contract geschatte rendement van 1 500 à 1 700 g m⁻² (15 à 17 ton ha⁻¹) (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019). Dit valt uiteraard te wijten aan het afsnijden tegen de grond, waardoor veel geel blad onderin het gewas mee gekwantificeerd werd. Voor de industrie wordt immers gemaaid vanaf 5 cm boven maaiveld.

4.2 Proef 2: Impact van zaaiverbanden

4.2.1 Resultaten

4.2.1.1 Spinazie

Indien de standdichtheid van het gewas vollelvelds benaderd werd (exclusief rijpaden), hadden de systemen met interrijafstand 10.5 cm een significant hogere standdichtheid (Tabel 4.4). Deze systemen beschouwden immers een nauwere ingezaaide breedte (Figuur 3.8). Indien voor de standdichtheid de rijpaden mee werden beschouwd (beddensysteem), was de standdichtheid uniform overheen het veld. In het nauw enkel rijstelsysteem (10.5 cm) met na-opkomst wiedegeen werd een tweede maal de standdichtheid (op 28 september) opgemeten na de 2 wiedegebeurten. De standdichtheid zakte vollelvelds van gemiddeld 250 planten m⁻² (op 14 september) naar 177 planten m⁻² (p = 0.0019, significant; Cohen's d = -0.649, gemiddeld effect). Ook visueel was dit duidelijk zichtbaar (Figuur 4.8).

Het nauw enkel rijstelsysteem met na-opkomst wiedegeen bracht 82 % op van het nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomst wiedegeen (significant). Het nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomst wiedegeen, breed enkel rijstelsysteem en het dubbel rijstelsysteem verschilden onderling niet significant in spinaziebiomassa. Ook in verwerkbaar spinaziebiomassa verschilde het nauw enkel rijstelsysteem met na-opkomst wiedegeen significant van de 3 andere (respectievelijk 76, 72 en 77 % van de verwerkbaar spinaziebiomassa bij nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomstbehandeling, breed enkel rijstelsysteem en dubbelrijstelsysteem). Het breed enkel rijstelsysteem scoorde met 1 705 g m⁻² (niet significant) de hoogste verwerkbaar spinaziebiomassa. De spinazietarra was significant hoger in het nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomstwiedegeen ten opzichte van het breed enkel rijstelsysteem en het dubbel rijstelsysteem (respectievelijk 17 en 26 % spinazietarra meer). De spinazietarra-fractie was significant 5 à 9 procentpunten hoger in de nauw enkel rijstelsystemen dan in het breed enkel rijstelsysteem en het dubbel rijstelsysteem.

Een nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomst wiedegeen bezat een significant hoger bladsteelaandeel ten opzichte van het nauw enkelrijstelsysteem met na-opkomst wiedegeen en het breed enkel rijstelsysteem (respectievelijk 8.69 en 3.93 procentpunten meer). Verder bezat het nauw enkel rijstelsysteem met na-opkomst wiedegeen significant het laagste bladsteelaandeel (4.76 tot 8.69 procentpunten). De geschoffelde objecten verschilden onderling niet significant (0.62 procentpunten).

Tabel 4.4 Standdichtheid (14 september, voor alle na-opkomstbehandelingen), opbrengst (verse massa) en kwaliteit (verse massa) (gemiddelde ± SE) van de gesneden spinazie voor de verschillende zaaiverbanden.

Systeem		nauw enkel rijstelsysteem (10.5 cm) zonder wiedegeen	nauw enkel rijstelsysteem (10.5 cm) met wiedegeen	breed enkel rijstelsysteem (21 cm) met schoffelen	dubbel rijstelsysteem (alternerend 10.5 cm en 21 cm) met schoffelen	LSD ²	Anova ³
Standdichtheid vollelvelds	pl. m ⁻²	242 ± 11.4 a	250 ± 11.2 a	197 ± 10.9 b	202 ± 16.3 b	35.4	Blok: NS Systeem:*
Standdichtheid beddensysteem	pl. m ⁻²	186 ± 8.8	192 ± 8.6	165 ± 9.2	170 ± 13.7		Blok: NS Systeem: NS
Spinaziebiomassa	g m ⁻²	2 902 ± 117 a	2 368 ± 117 b	2 807 ± 117 a	2 623 ± 64 ab	314	Blok: NS Systeem:*
Verwerkbaar spinaziebiomassa	g m ⁻²	1 609 ± 118 a	1 225 ± 57 b	1 705 ± 112 a	1 595 ± 91 a	247	Blok: NS Systeem:**
Spinazietarra	g m ⁻²	1 293 ± 44 a	1 143 ± 87 ab	1 102 ± 34 b	1 028 ± 58 b	155	Blok: NS Systeem:*
Tarrafractie	%	44.91 ± 2.35 a	48.03 ± 2.02 a	39.57 ± 1.93 b	39.32 ± 2.44 b	4.67	Blok: ** Systeem:**
Bladsteelaandeel	%	38.89 ± 1.17 a	30.20 ± 1.56 c	34.96 ± 0.85 b	35.58 ± 0.97 ab	3.81	Blok: NS Systeem:**

¹Gemiddeldes in éénzelfde rij met met een gemeenschappelijke letter zijn niet significant verschillend (p < 0.05)

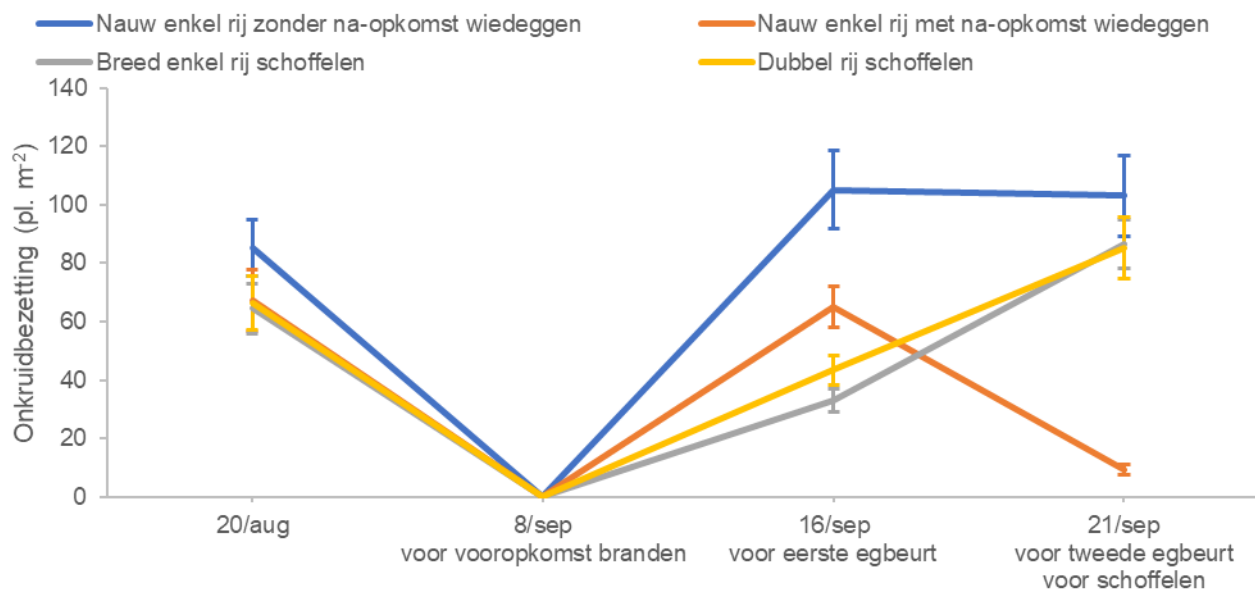
²LSD = Least Significant Difference (p < 0.05)

³NS = niet significant; * = p < 0.05; ** = p < 0.01; *** = p < 0.001

4.2.1.2 Onkruid

Enkel het nauw enkelrijstelsysteem zonder wiedeggen kende een significant hogere onkruidbezetting ten aanzien van de andere systemen (27 tot 33 % meer onkruiden geteld) (telling voor zaaibedbereiding 20 augustus) (Tabel 4.5).

Op 8 september, 6 dagen na de zaaibedbereiding, was er nog geen enkel onkruid gekiemd. Op 21 september, na één van de twee wiedegbeurten, was al duidelijk het effect van wiedeggen waarneembaar. Schoffelen was pas op 22 september uitgevoerd, het effect hiervan is dus niet in de grafiek te zien (Figuur 4.6).



Figuur 4.6 Verloop van de onkruidbezetting (pl. m⁻²) in de tijd met aanduiding van de standaard error gedurende proef 2. Nauw enkel rijstelsystemen interrijafstand 10.5 cm; breed enkel rijstelsysteem interrijafstand 21 cm; dubbel rijstelsysteem afwisselend 10.5 cm en 21 cm. Stroken van 21 cm werden geschoffeld.

Het nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomst wiedeggen leverde significant de grootste hoeveelheid onkruidbiomassa (6 keer meer dan zijn in na-opkomst gewiedegde variant) (Tabel 4.5, Figuur 4.8, Figuur 4.9). De combinatie van een nauw enkel rijstelsysteem met wiedeggen in na-opkomst zorgde voor het significant laagste gehalte aan onkruidbiomassa (verschillen van 3 tot 6 keer minder). De geschoffelde objecten verschilden onderling niet significant, het dubbel rijstelsysteem bevatte 9 g m⁻² meer onkruid dan het breed enkel rijstelsysteem). Net zoals de onkruidbiomassa scoorde het nauw enkel rijstelsysteem met na-opkomst wiedeggen significant het laagst (0.51 %) en het nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomst wiedeggen significant het hoogst (2.46 %, 1.95 procentpunten verschil). Het breed enkel rijstelsysteem en het dubbel rijstelsysteem scoorden intermediair (met respectievelijk 1.29 en 1.70 %) en verschilden niet significant van elkaar (0.41 procentpunten).

Tabel 4.5 Onkruidbezetting, -biomassa en -fractie voor de verschillende zaaiverbanden.

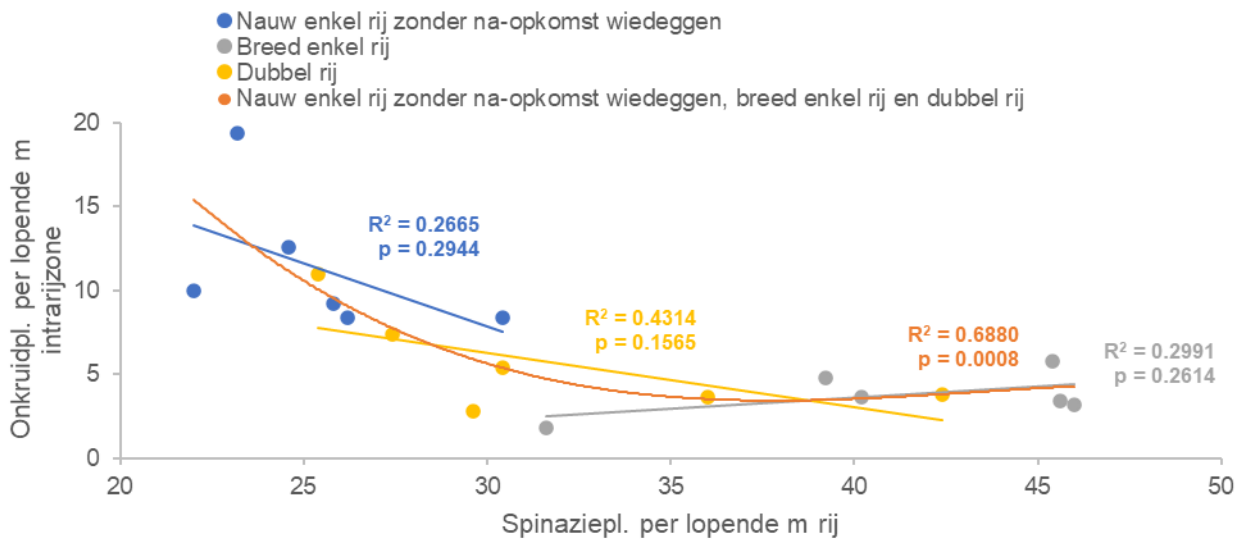
		nauw enkel rijstelsysteem (10.5 cm) zonder wiedeggen	nauw enkel rijstelsysteem (10.5 cm) met wiedeggen	breed enkel rijstelsysteem (21 cm) met schoffelen	dubbel rijstelsysteem (alternerend 10.5 cm en 21 cm) met schoffelen	LSD ²	Anova ³
Onkruidbezetting 20 augustus¹	pl. m ⁻²	85 ± 10.7	67 ± 11.6	64 ± 9.2	67 ± 10.1		Blok: *** Systeem: NS
Onkruidbiomassa¹	g m ⁻²	73 ± 11 a	12 ± 2 c	36 ± 5 b	45 ± 5 b	16	Blok: * Systeem:***
Onkruidfractie¹	%	2.46 ± 0.39 a	0.51 ± 0.09 c	1.29 ± 0.23 b	1.70 ± 0.20 b	0.57	Blok: * Systeem:***

¹Gemiddeldes in éénzelfde rij met met een gemeenschappelijke letter zijn niet significant verschillend (p <0.05)

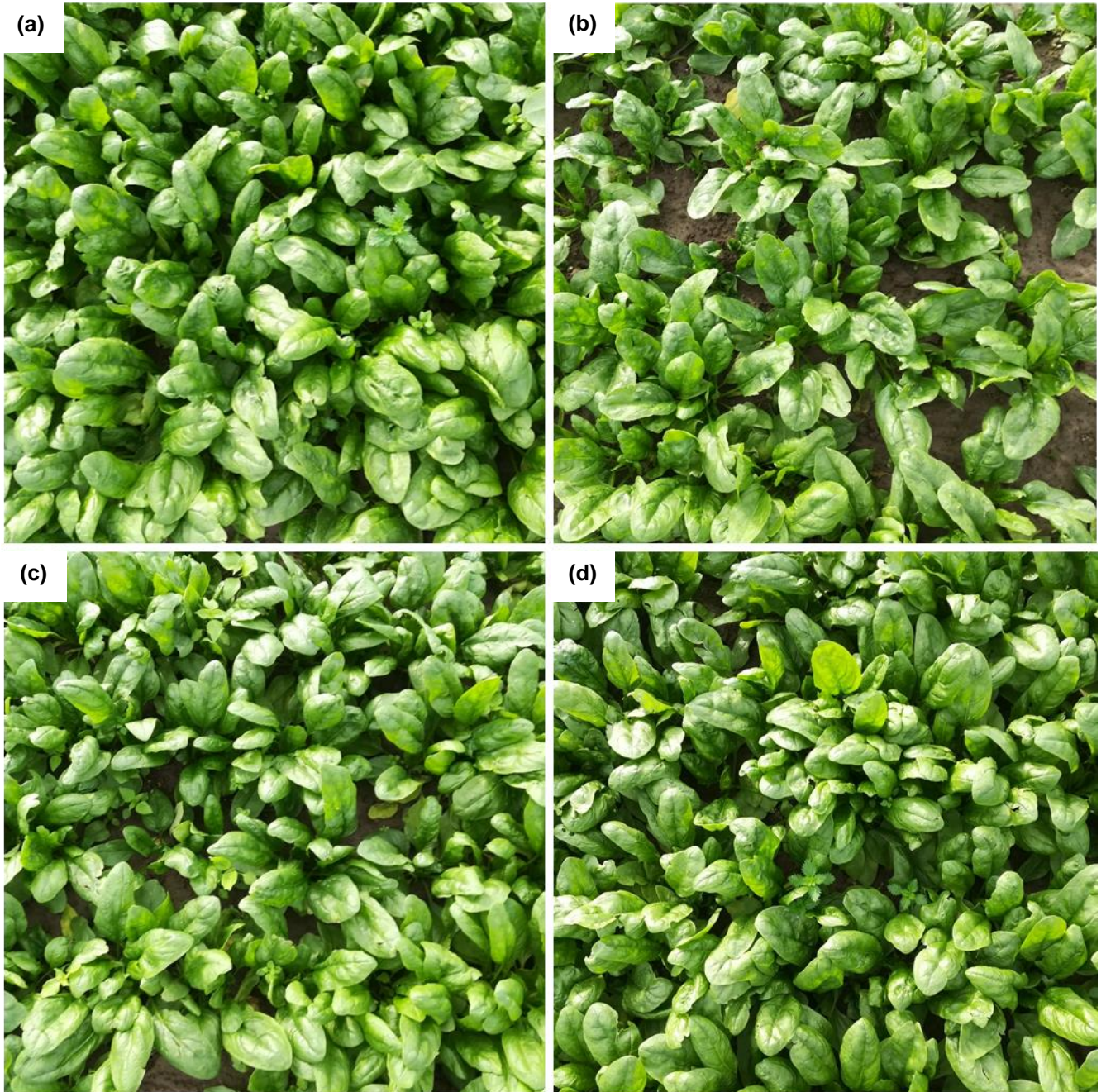
²LSD = Least Significant Difference (p <0.05)

³NS = niet significant; * = p <0.05; ** = p <0.01; *** = p <0.001

In de systemen nauw enkel rij zonder na-opkomst wiedegeen, breed enkel rij en dubbel rij, werden de onkruiden in de intrarijzone geteld (14 september, 11 dagen na zaai) uitgezet ten opzichte van het aantal planten m⁻² (21 september, 18 dagen na zaai) en een lineaire regressie opgesteld. Ook werd door al deze datapunten een 3^{de} graads curvilineair verband opgesteld. Deze curve bereikt een minimum op 37.8 spinazieplanten per lopende meter met 3.4 onkruidplanten per lopende meter.



Figuur 4.7 Lineaire regressie tussen aantal onkruidplanten per m intrarijzone (21 september, 18 dagen na zaai) en aantal spinazieplanten per lopende m (14 september, 11 dagen na zaai) anderzijds, met p (significantieniveau $p < 0.05$) en determinatiecoëfficiënt (R^2) voor niet gewiedege systemen. Vergelijkingen: nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomst wiedegeen $y = -0.7493x + 30.34$; breed enkel rijstelsysteem $y = -0.3224x + 15.941$; dubbel rijstelsysteem $y = 0.1349x - 1.8078$ en, nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomstwiedegeen, breed enkelrijstelsysteem en dubbel rijstelsysteem gecombineerd $y = -0.0015x^3 + 0.1911x^2 - 8.165x + 118.15$.



Figuur 4.8 (a) nauw enkel rijstelsysteem in na-opkomst niet gewiedegd, (b) nauw enkel rijstelsysteem wel in na-opkomst gewiedegd (2 keer), (c) breed enkel rijstelsysteem (éénmaal geschoffeld) en (d) dubbel rijstelsysteem (éénmaal geschoffeld). *Bemerk de lagere spinazie standdichtheid als ook de lagere onkruidbezetting in het nauw enkel rijstelsysteem met na-opkomst wieden (b).* Fotodatum 12 oktober, 39 dagen na zaai.



Figuur 4.9 (a) nauw enkel rijstelsysteem in na opkomst niet gewiedegd, (b) nauw enkel rijstelsysteem wel in na-opkomst gewiedegd (2 keer), (c) breed enkel rijstelsysteem (éénmaal geschoffeld) en (d) dubbel rijstelsysteem (éénmaal geschoffeld). Fotodatum 27 oktober, 54 dagen na zaai.

4.2.2 Discussie

Door het berekenen van de zaaddosis op basis van een bedbreedte van 1.5 m in de plaats van de effectief gezaaide breedte zonder rijsporen, werden meer zaden uitgezaaid dan de theoretische 300 zaden m⁻² spinazie. De gezaaide breedtes in deze proef verschilden omwille van de verschillende zaaiverbanden [11 keer 10.5 cm = 115.5 cm, bij de nauw enkel rijstelsystemen; 6 keer 21 cm = 126 cm, bij het breed enkel rijstelsysteem; en 4 keer (10.5 + 21 cm) = 126 cm, bij het dubbel rijstelsysteem]. Hierdoor was er een significant verschil in densiteit waarneembaar tussen het nauw enkel rijstelsysteem en het breed enkel rijstelsysteem/ dubbel rijstelsysteem wanneer de densiteit vollelvelds bekeken werd. Wanneer met de volledige bedbreedte van 1.5 m rekening werd gehouden, verschilde de densiteit niet meer significant. De verschillen in plantdensiteit hadden geen effect op de spinazieopbrengst, daar het in na-opkomst niet gewiedegde nauw enkel rijstelsysteem niet significant verschilde van het breed enkel rijstelsysteem of het dubbel rijstelsysteem.

De totale spinaziebiomassa was het laagst in het gewiedegde nauw enkel rijstelsysteem (2 368 g m⁻²), dit is significant lager ten opzichte van de objecten nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomst wiedegeen (18 % lager, hoogste opbrengst) en breed enkel rijstelsysteem (16 % lager). Wellicht was de significante gewasuitdunning veroorzaakt door het wiedegeen hiervan de reden (de plantdensiteit viel 29.2 % lager uit na de 2 wiedegebeurten). Het naar spinaziebiomassa hoogst scorende nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomst wiedegeen, bezat ook de hoogste onkruidbiomassa, dit als gevolg van de laagste intrarijdichtheid aan spinazieplanten en bijgevolg geringere onkruidonderdrukking vanwege spinazieplanten relatief t.o.v. andere niet gewiedegde systemen (Figuur 4.7). Uit Figuur 4.7 blijkt voorts dat het opdrijven van de standdichtheid in de gewasrij tot 37.8 planten m⁻¹ in afnemende mate het aantal onkruidplanten in de gewasrij reduceert. Hierna stijgt deze weer, vermoedelijk als gevolg van te hoge intraspecifieke concurrentie, waardoor er meer lichtpenetratie mogelijk was voor onkruidkieming. Daar het niet gewiedegde nauw enkel rijstelsysteem niet significant hoger was ten opzichte van het breed enkel rijstelsysteem en het dubbel rijstelsysteem (allen geen uitdunning door na-opkomst behandelingen), heeft het aanpassen van het zaaiverband geen significant effect op de totale spinaziebiomassa. Ook Tei *et al.* (2002) vond met éézelfde zaaicensiteit geen opbrengstverschil tussen een zaaiverband met interrijafstand 12.5 cm en 25 cm bij alle geteste systemen (Tabel 2.12). Dit in tegenstelling tot Peruzzi *et al.* (2004), die bij een interrijafstand van 20 cm significant meer opbrengst haalde dan bij een interrijafstand van 25 cm (Tabel 2.11). Al was bij de interrijafstand van 20 cm de plantdensiteit ook maar half zo groot. De spinazieopbrengst werd dus vooral door de standdichtheid beïnvloed.

Naar verwerkbare spinazie presteerde het gewiedegde object (1 225 g m⁻²) ook significant lager, ditmaal ten opzichte van alle objecten (370 tot 480 g m⁻² minder). Naar spinazietarra scoorde het dubbel rijstelsysteem dan weer het laagst (1 028 g m⁻²), enkel significant verschillend ten opzichte van het niet gewiedegde nauw enkel rijstelsysteem (1 293 g m⁻²). Het aandeel spinazietarra in de totale spinaziebiomassa, was significant hoger bij een nauw enkel rijstelsysteem (45 en 48 % bij niet of wel wiedegeen in na-opkomst), dan bij een breed enkel rijstelsysteem (40 %) of een dubbel rijstelsysteem (39 %). Een verruiming van de interrijafstand verlaagt dus het aandeel spinazietarra in het gesneden product. Al deze percentages waren veel hoger dan de volgens het contract toegelaten aandeel van 5 % gele bladeren en 5 % bladeren met wolf/ mineergangen (van schot was geen sprake) (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019). Dit valt uiteraard te wijten aan het afsnijden tegen de grond, waardoor veel geel blad onderin het gewas mee gekwantificeerd werd. Zo was ook de totale spinaziebiomassa-opbrengst veel hoger dan de in het contract geschatte rendement van 1 500 à 1 700 g m⁻² (15 à 17 ton ha⁻¹) (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Het bladsteelaandeel was het hoogst in het in na-opkomst niet gewiedegde nauw enkel rijstelsysteem (39 %): significant hoger ten opzichte van het in na-opkomst gewiedegde nauw enkel rijstelsysteem (30 %) en het breed enkel rijstelsysteem (35 %), en niet significant hoger ten opzichte van het dubbel rijstelsysteem (36 %). Desondanks de planten in een breed enkel rijstelsysteem een nauwere intrarijafstand kenden, was het bladsteelaandeel hier dus toch lager dan het in na-opkomst gewiedegde nauw enkel rijstelsysteem. Het dubbel rijstelsysteem scoorde dus intermediair tussen het in na-opkomst gewiedegde nauw enkel rijstelsysteem en het breed enkel rijstelsysteem. In proef 1 werd aangetoond dat een stijgende spinaziestanddichtheid (met steeds éézelfde interrijafstand) voor een stijgend bladsteelaandeel zorgt. In proef 2 lag de standdichtheid van het in naopkomst niet gewiedegd nauw enkel rijstelsysteem met 45 pl. m⁻² hoger dan de standdichtheid van het breed enkel rijstelsysteem.. Volgens de regressies opgesteld voor proef 1 (Tabel 7.1f: regressie bladsteelaandeel Bufflehead), zou dit een verschil in bladsteelaandeel van 3.02 % opleveren (hoogste aandeel voor het in naopkomst niet gewiedegd nauw enkel rijstelsysteem), hetgeen het werkelijk verschil in bladsteelaandeel goed benadert (3.93 procentpunten verschil tussen in na-opkomst niet gewiedegd nauw enkel rijstelsysteem en het breed enkel rijstelsysteem). In welke mate het effect van standdichtheid op het bladsteelaandeel een zuiver effect van intrarijafstand is (zoals bij proef 1), is hier onduidelijk vermits de systemen tevens verschillen in interrijafstand.

Vermoedelijk was het lage bladsteelaandeel bij het nauw enkel rijstelsysteem met wiedegeen te wijten aan de lagere standdichtheid door het uitdunnend effect van deze 2 na-opkomst wiedegebeurten. Door de spinazie boven de grond af te snijden, viel het bladsteelaandeel hoog uit ten opzichte van de bladsteeltolerantielimieten van gecontracteerde spinazie (namelijk 20% voor bladspinazie en 35 % voor pureespinazie) (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019).

Het nauw enkel rijstelsysteem zonder na-opkomst wiedegeen, leverde de hoogste onkruidbiomassa (73 g m^{-2}), significant hoger dan alle andere zaaiverbanden. De combinatie nauw enkel rijstelsysteem met wiedegeen in na-opkomst bracht significant de laagste onkruidbiomassa voort (12 g m^{-2}). Het breed enkel rijstelsysteem en het dubbel rijstelsysteem scoorden intermediair (respectievelijk 36 en 45 g m^{-2}). In tegenstelling tot wiedegeen werd wel maar één schoffelbeurt toegepast. Naar onkruidfractie viel exact dezelfde conclusie te nemen: het nauw enkel rijstelsysteem bereikte met 2.5 % significant de hoogste onkruidfractie, zijn gewiedege variant significant de laagste onkruidfractie met 0.5 %. Het breed enkel rijstelsysteem en het dubbel rijstelsysteem hingen tussenin met respectievelijk 1.3 % en 1.7 %. Indien deze onkruiden *Stellaria media* L. of/en *Urtica* spp. betroffen (wat visueel het geval was), valt enkel het gewiedege nauw enkel rijstelsysteem onder de contractnorm van maximaal 1 % *Stellaria media* L. en/of *Urtica* L. spp voor pureespinazie. In de praktijk, bij maaihoogtes rond 5 cm, zullen laag groeiende onkruiden evenwel in mindere mate mee geogost worden.

Tei *et al.* (2002) bekam net het meest onkruidbiomassa bij wiedegeen met een interrijafstand 12.5 cm (zelfs slechter dan geen behandeling met 2.41 keer meer onkruidbiomassa m^{-2}), al betrof het hier interrij-wiedegeen met slechts één rij beitels (in proef 1, 2 en 3 : vollevelds wiedegeen met meerdere rijen geveerde tanden) (Tabel 2.12). Tei *et al.* (2002) hadden geen geschoffelde objecten in hun proef opgenomen. Lötjönen & Mikkola (2000) ondervonden in zomergerst dat wiedegeen bij een interrijafstand van 12 cm beperkt minder onkruid leverde dan schoffelen (messen 18 cm breed) bij interrijafstand 25 cm (respectievelijk 48 versus 52 g m^{-2} , niet significant). Bij het wiedegeen werd wel 500 kg ha^{-1} meer opbrengst gehaald (9.3 versus 8.8 ton ha^{-1}), wat verklaard wordt door de nauwere rijafstand. McCollough *et al.* (2019, New England, USA) voerde in 2 opeenvolgende jaren op 2 locaties (4 proeven) in zomergerst een vergelijkend onderzoek tussen onder andere de standaard praktijk van 16.5 cm interrijafstand met wiedegeen, bandzaai (gewasstrook van 12.7 cm en 15.2 cm tussen de stroken) met wiedegeen en schoffelen, en brede interrijafstand (22.8 cm) met wiedegeen en schoffelen. De breedte van het schoffelfmes bedroeg 12.7 cm. Bovenop het nature voorkomende onkruid werd ook mosterd (*Sinapsis alba* L.) breedwerpig tussen de gerst ingezaaid. Bandzaai met schoffelen leverde steeds een lagere onkruidbiomassa dan het standaard systeem, hoewel dit slechts één keer significant was (Figuur 4.6). De brede interrijafstand kende nog minder onkruid, al was dit nooit significant ten opzichte van bandzaai. De gerstopbrengst verschilde slechts in één van de vier proeven significant tussen bandzaai en de andere voornoemde systemen (1.94 keer meer dan brede interrijafstand en 4.3 keer meer dan standaard systeem). De andere jaren brachten bandzaai minder op. Hoewel efficiëntie van mechanische behandeling afhangt van gewassoort en onkruidflora, is in de literatuur geen eenduidig antwoord te vinden of wiedegeen het beste systeem is.

Tabel 4.6 Totale onkruidbiomassa (onkruiden + mosterd) in de verschillende systemen (g m^{-2}). Gerst werd steeds gezaaid met als doel een standdichtheid van 325 pl. m^{-2} te bekomen (McCollough *et al.*, 2019, New England, USA).

Locatie	Maine	Vermont	Maine	Vermont
Jaar	2016	2017	2016	2017
Standaard 16.5 cm interrijafstand met wiedegeen	62	181	11.4	244
Bandzaai met wiedegeen en schoffelen¹ (12.7 cm gewasstrook, 15.2 cm tussen stroken)	62	178	7.6	95
Brede interrijafstand 22.8 cm met wiedegeen en schoffelen¹	46	151	7.4	72

¹Schoffelbreedte 12.7 cm

Daar de onkruidfractie als meest beperkende factor in biologische spinazie wordt beschouwd, kan het nauw enkel rijstelsysteem door zijn lage onkruidfractie als beste systeem beschouwd worden, ondanks zijn geringere spinazieopbrengst.

4.3 Proef 3: Impact van geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen

4.3.1 Resultaten

Voor elke beschouwde parameter is een Anova-overzicht opgemaakt. Indien er significante (interactie)effecten aanwezig waren, werden voor deze (interactie)effecten de gemiddelden en standaardfouten berekend, alsook de LSD horende bij elke hoofdfactor, ter bepaling van de onderliggende significante verschillen binnen de verschillende behandelingen van een factor.

4.3.1.1 Spinazie

Na opkomst kende proef 3 over alle objecten heen een uniforme opkomst van het gewas, met gemiddeld 306 planten m⁻² (Tabel 4.7).

Tabel 4.7 3-weg Anovatablel standdichtheid van het gewas (pl. m⁻²) op 16 augustus 2019, vóór het na-opkomst wiedeggen.

Anova ¹	BLOK ²	NAK ²	VZB ²	VOK ²	NAK x VZB	NAK x VOK	VZB x VOK	NAK x VZB x VOK
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹NS = niet significant; * = p <0.05; ** = p <0.01; *** = p <0.001

²NAK = na-opkomst; VZB = vals zaaibed; VOK = vooropkomst; BLOK = blokfactor

Er werd een significant interactie-effect waargenomen tussen de na-opkomstbehandeling, vals zaaibedbehandeling en vooropkomstbehandeling (Tabel 4.8). Na de twee wiedegbeurten (één op vals zaaibed en één na-opkomst) was de standdichtheid van de spinazie niet meer uniform, deze was meestal lager in de gewiedegde objecten dan de niet-gewiedegde tegenhanger (tot 44 % lager ten opzichte van niet wiedeggen) (dit was ook visueel goed zichtbaar, Figuur 4.11 tot en met Figuur 4.16).

Tabel 4.8 Standdichtheid van het gewas (pl. m⁻²) op 26 augustus 2019, na het na-opkomst wiedeggen voor elke factoriële combinatie, en 3-weg Anovatablel.

	NAK ¹	VZB ¹	VOK ¹	Gemiddelde ± SE
NAK x VZB x VOK	wiedeggen	branden	branden	221 ± 26.1
LSD ² NAK = 61.0			geen behandeling	202 ± 15.6
LSD ² VZB = 62.2		wiedeggen	branden	197 ± 24.8
LSD ² VOK = 72.4			geen behandeling	213 ± 28.8
		geen behandeling	branden	165 ± 6.0
			geen behandeling	300 ± 30.6
	geen behandeling	branden	branden	262 ± 28.5
			geen behandeling	229 ± 4.5
		wiedeggen	branden	285 ± 28.4
			geen behandeling	287 ± 19.5
		geen behandeling	branden	295 ± 25.7
			geen behandeling	247 ± 8.8

Anova ³	BLOK ¹	NAK ¹	VZB ¹	VOK ¹	NAK x VZB	NAK x VOK	VZB x VOK	NAK x VZB x VOK
	*	**	NS	NS	NS	*	NS	*

¹NAK = na-opkomst; VZB = vals zaaibed; VOK = vooropkomst; BLOK = blokfactor

²LSD = Least Significant Difference (p <0.05). De LSD horende bij een factor betrokken in een interactie-effect, kan enkel de significante verschillen aanduiden tussen de behandelingen horend bij een factor, binnen éénzelfde factoriële combinatie van de twee andere betrokken factoren.

³NS = niet significant; * = p <0.05; ** = p <0.01; *** = p <0.001

Een paarsgewijze vergelijking tussen de standdichtheden voor en na wiedeggen bracht volgende duiding (Tabel 4.9). De 2 wiedegbeurten in na-opkomst zorgden voor een daling in plantdensiteit van 23 tot 36 % (meestal significant). Indien in na-opkomst niet gewiedegd werd, daalt de densiteit minder sterk (maximaal 20 %) (enkel natuurlijke uitval).

Tabel 4.9 Gemiddelde standdichtheid voor (16 augustus) en na (26 augustus) na-opkomst wiedeggen (pl. m²), en absolute (pl. m²) en relatieve afname (%) binnen elke factoriële combinatie, met opgave van significantie en Cohen's d effectgrootte.

Object ¹	ebe	ege	bbe	bge	gbe	gge	ebg	egg	bbg	bgg	gbg	ggg
Standdichtheid 16 augustus	309	318	288	292	245	417	326	280	272	278	334	307
Standdichtheid 26 augustus	197	213	221	202	165	300	285	287	262	229	295	247
Absolute afname	112	105	67	90	80	117	41	-7	10	49	39	60
Relatieve afname (%)	36.25	33.02	23.26	30.82	32.65	28.06	12.58	-2.50	3.68	17.63	11.68	19.54
Significantie²	**	**	*	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	*	**
Cohen's d	-1.50	-1.41	-0.96	-3.03	-4.99	-1.26	-0.49	0.15	-0.15	-0.92	-0.58	-3.11
Effectgrootte³	groot	groot	groot	groot	groot	groot	klein	verwaar- loosbaar	verwaar- loosbaar	groot	medium	groot

¹De objectnaam bestaat uit een code van 3 letters waarbij de eerste letter staat voor de vals zaaibehandeling, de tweede letter voor de vooropkomstbehandeling- en de derde letter voor de na-opkomstbehandelingen; e = wiedeggen, b = branden, g = geen behandeling.

²Student t-test: NS = niet significant; * = p <0.05; ** = p <0.01; *** = p <0.001

³|d|<0.2 "verwaarloosbaar", |d|<0.5 "klein", |d|<0.8 "medium", |d|≥0.8 "groot"

De bedekkingsgraad kende een significant interactie-effect tussen de na-opkomstbehandeling en de vooropkomstbehandeling. Wanneer in na-opkomst gewiedegd werd, werd steeds een significant lagere bedekking bekomen ten opzichte van niet wiedeggen, binnen de zelfde vooropkomstbehandeling (score 3 versus score 4) (Tabel 4.10, Figuur 4.11 tot en met Figuur 4.16)

Tabel 4.10 Bedekkingsgraad van het gewas (2 september, 26 dagen na zaai) voor alle factoriële combinaties van naopkomstbehandeling en vooropkomstbehandeling, en 3-weg Anovatablel. Bedekkingsgraad werd gescoord volgens een schaal van 1 tot 4 volgens het percentage oppervlakte bedekt door spinazie: 1 = 0-25 %, 2 = 26-50 %, 3 = 51-75 % en 4 = 76-100 %.

	NAK ¹	VOK ¹	Gemiddelde ± SE					
NAK x VOK	wiedeggen	branden	3.188 ± 0.073					
LSD ² NAK = 0.301		geen behandeling	3.285 ± 0.103					
LSD ³ VOK = 0.146	geen behandeling	branden	3.757 ± 0.033					
		geen behandeling	3.657 ± 0.038					
Anova⁴	BLOK¹	NAK¹	VZB¹	VOK¹	NAK x VZB	NAK x VOK	VZB x VOK	NAK x VZB x VOK
	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	NS

¹NAK = na-opkomst; VZB = vals zaaibed; VOK = vooropkomst; BLOK = blokfactor

²LSD = Least Significant Difference (p<0.05). LSD voor aanduiding significante verschillen tussen behandelingen van factor NAK binnen elke behandeling van factor VOK

³LSD voor aanduiding significante verschillen tussen behandelingen van factor VOK binnen elke behandeling van factor NAK

⁴NS = niet significant; * = p <0.05; ** = p <0.01; *** = p <0.001

Proef 3 kende over alle objecten heen een uniforme spinazieopbrengst (geen enkel significant verschil) (Tabel 4.11).

Tabel 4.11 Totale spinaziebiomassa ($g\ m^{-2}$) voor elke factoriële combinatie en 3-weg Anovatablel.

Object ¹	ebe	ege	bbe	bge	gbe	gge	ebg	egg	bbg	bgg	gbg	ggg
Spinaziebiomassa ($g\ m^{-2}$)	2 625	2 772	2 943	2 921	2 856	2 633	2 965	2 617	2 928	2 799	2 564	2 735
± SE	339	249	232	378	262	259	235	287	188	306	149	252
Anova ²	BLOK ³	NAK ³	VZB ³	VOK ³	NAK x VZB	NAK x VOK	VZB x VOK	NAK x VZB x VOK				
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				

¹De objectnaam bestaat uit een code van 3 letters waarbij de eerste letter staat voor de vals zaaibehandeling, de tweede letter voor de vooropkomstbehandeling- en de derde letter voor de na-opkomstbehandelingen; e = wiedeggen, b = branden, g = geen behandeling.

²NS = niet significant; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$

³NAK = na-opkomst; VZB = vals zaaibed; VOK = vooropkomst; BLOK = blokfactor

4.3.1.2 Onkruid

4.3.1.2.1 Onkruidbezetting ($pl.\ m^{-2}$)

Proef 3 kende een uniforme onkruiddruk overheen het perceel, met gemiddeld $54\ pl.\ m^{-2}$ vlak voor de vals zaaibehandeling (5 en 6 augustus) (Tabel 4.12).

Tabel 4.12 3-weg Anovatablel onkruidbezetting ($pl.\ m^{-2}$) voor de vals zaaibehandelingen (5 en 6 augustus).

Anova ¹	BLOK ²	NAK ²	VZB ²	VOK ²	NAK x VZB	NAK x VOK	VZB x VOK	NAK x VZB x VOK
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹NS = niet significant; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$

²NAK = na-opkomst; VZB = vals zaaibed; VOK = vooropkomst; BLOK = blokfactor

Qua onkruidbezetting werd een significant interactie-effect waargenomen tussen na-opkomstbehandeling en vals zaaibehandeling (Tabel 4.13). Na-opkomst wiedeggen zorgde binnen éénzelfde vals zaaibehandeling steeds voor een lagere onkruidbezetting (branden, wiedeggen of geen behandeling op vals zaaibed respectievelijk 18, 13 en 24 % van de onkruidbezetting zonder na-opkomst wiedeggen) (Figuur 4.11 tot en met Figuur 4.16). Dit verschil was niet significant als er geen behandeling op het vals zaaibed werd uitgevoerd.

Branden op vals zaaibed zorgde steeds voor de laagste onkruidbezetting, al was dit enkel significant ten opzichte van wiedeggen indien in na-opkomst niet gewiedegd werd (367 versus 622 planten m^{-2}) (Tabel 4.13). Indien in na-opkomst wel gewiedegd werd, zijn de verschillen in onkruidbezetting tussen de vals zaaibehandelingen onderling minimaal en niet significant verschillend (67 tot 92 planten m^{-2}).

Tabel 4.13 Onkruidbezetting ($pl.\ m^{-2}$) na de eerste na-opkomst wiedegbeurt (22 augustus, 15 dagen na zaai) voor alle factoriële combinaties van na-opkomst behandeling en vals zaaibed behandeling, en 3-weg Anovatablel.

	NAK ¹	VZB ¹	Gemiddelde ± SE					
NAK x VZB	wiedeggen	branden	67 ± 6.8					
LSD ² NAK = 295.9		wiedeggen	82 ± 5.1					
LSD ³ VZB = 151.2		geen behandeling	92 ± 14.4					
	geen behandeling	branden	367 ± 60.7					
		wiedeggen	622 ± 120.5					
		geen behandeling	378 ± 47.3					
Anova ⁴	BLOK ¹	NAK ¹	VZB ¹	VOK ¹	NAK x VZB	NAK x VOK	VZB x VOK	NAK x VZB x VOK
	NS	*	*	NS	*	NS	NS	NS

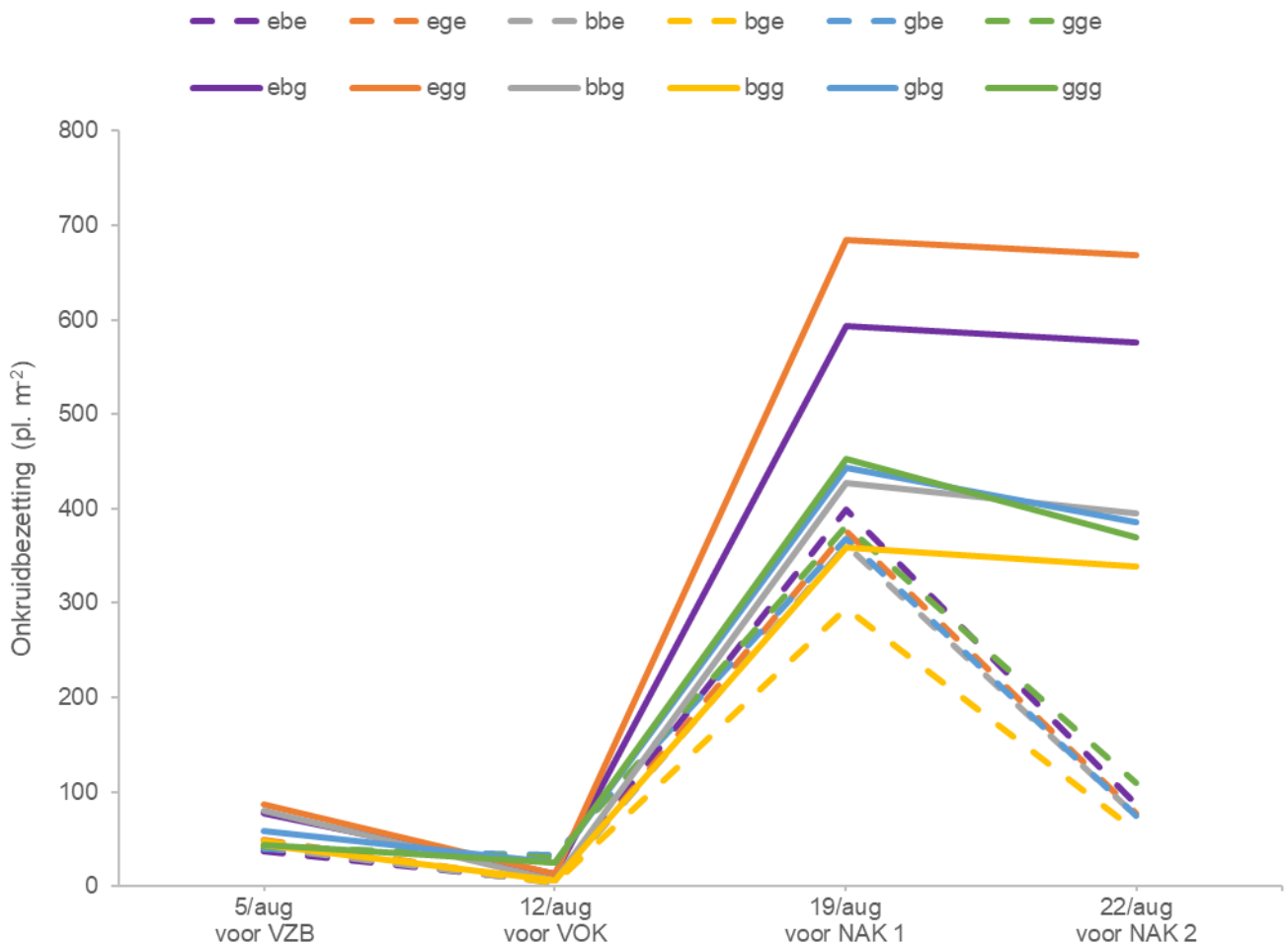
¹NAK = na-opkomst; VZB = vals zaaibed; VOK = vooropkomst; BLOK = blokfactor

²LSD = Least Significant Difference ($p < 0.05$). LSD voor aanduiding significante verschillen tussen behandelingen van factor NAK binnen elke behandeling van factor VZB

³LSD voor aanduiding significante verschillen tussen behandelingen van factor VZB binnen elke behandeling van factor NAK

⁴NS = niet significant; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$

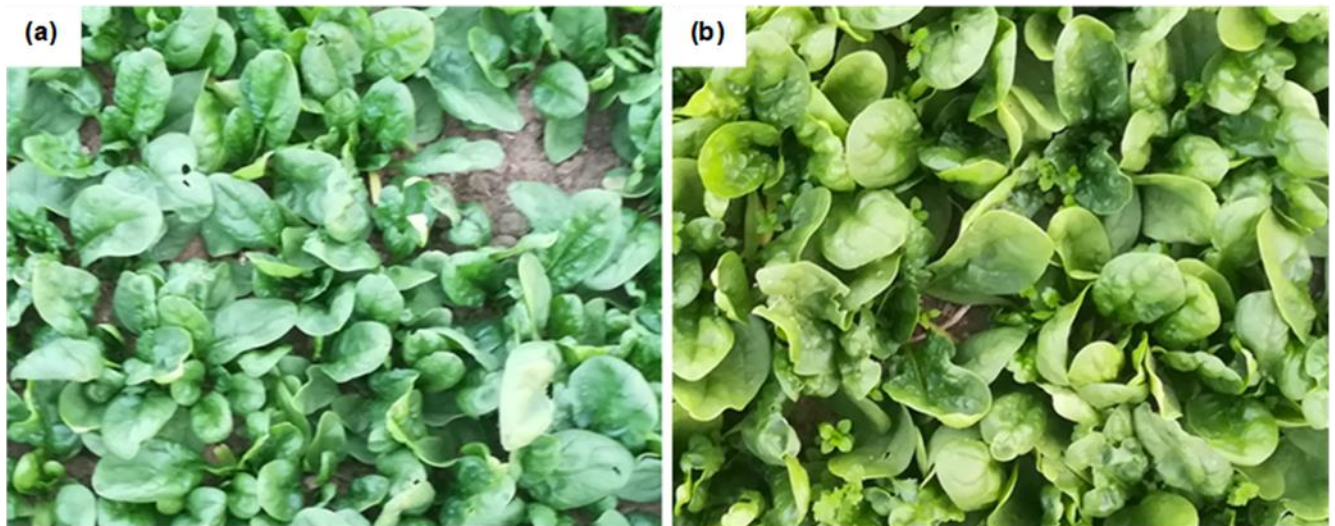
Voor de vals zaaibed (7 augustus) en vooropkomst (12 augustus) behandeling was de onkruidbezetting vrij gelijklopend (Figuur 4.10). Omwille van regenbuien tussen 12 en 19 augustus (3.2.2.3 Weer) vertoonde het perceel een algemene stijging van de onkruidbezetting. Net zoals de onkruidbezetting na de eerste wiedegebeurt viel hier duidelijk de lagere onkruidbezetting op indien na-opkomst gewiedegd werd. Verder leverde een wiedegebeurt op vals zaaibed, en verder geen behandelingen in voor- en na-opkomst (Figuur 4.13 b), de grootste onkruidbezetting op (zelfs 298 onkruidplanten m⁻² meer dan indien er helemaal geen behandelingen (Figuur 4.16 b) werden uitgevoerd op vals zaaibed, in vooropkomst en na-opkomst). De tweede meest veronkruidde strategie (met 93 planten m⁻² minder) was voor de combinatie van een wiedegebeurt op vals zaaibed, een brandbeurt in vooropkomst en geen behandeling in na-opkomst (Figuur 4.11 b). De combinatie van een brandbeurt op vals zaaibed, geen enkele behandeling in vooropkomst, en wiedegeven in na-opkomst, leverde de laagste onkruidbezetting op (Figuur 4.14 a).



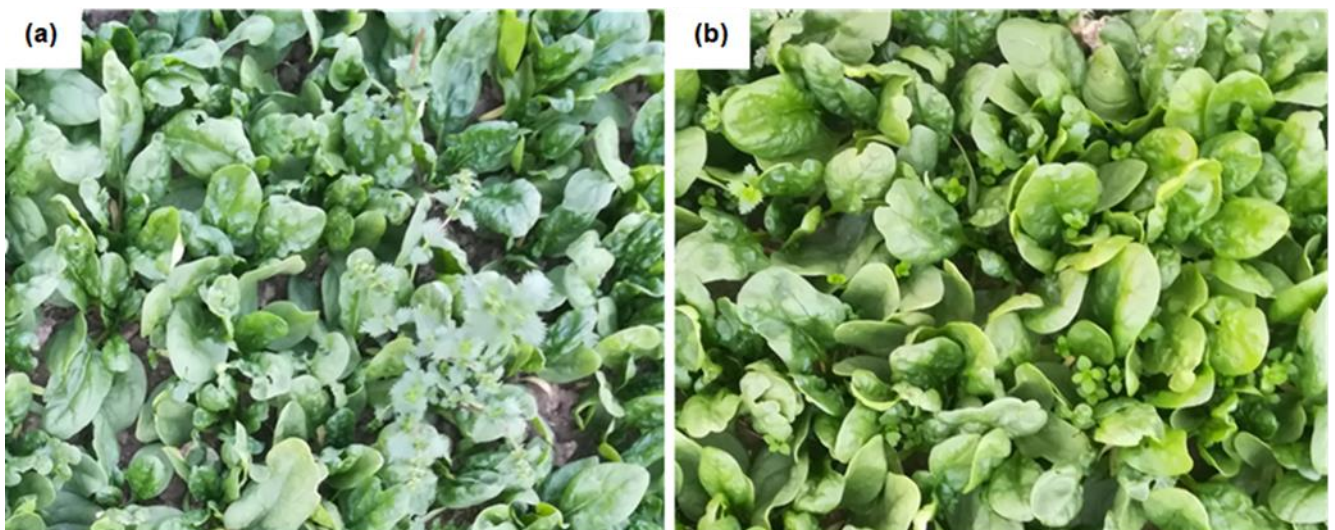
Figuur 4.10 Verloop van de onkruidbezetting (pl. m⁻²) in de tijd (proef 3). X-labels: voor VZB = telling vlak voor vals zaaibedbehandeling; voor VOK = telling vlak voor vooropkomstbehandeling; voor NAK 1 (of 2) = telling vlak voor na-opkomstbehandeling . De legende bestaat uit code van 3 letters waarbij de eerste letter voor de vals zaaibed-, de tweede letter voor de vooropkomst- en de derde letter voor de na-opkomstbehandeling staat; e = wiedegeven, b = branden, g = geen behandeling.



Figuur 4.11 In beide plots werd op vals zaaibed gewiedegd en in vooropkomst gebrand, (a) 2 keer in na-opkomst gewiedegd, (b) geen na-opkomstbehandeling. Fotodatum 12 september, 36 dagen na zaai.



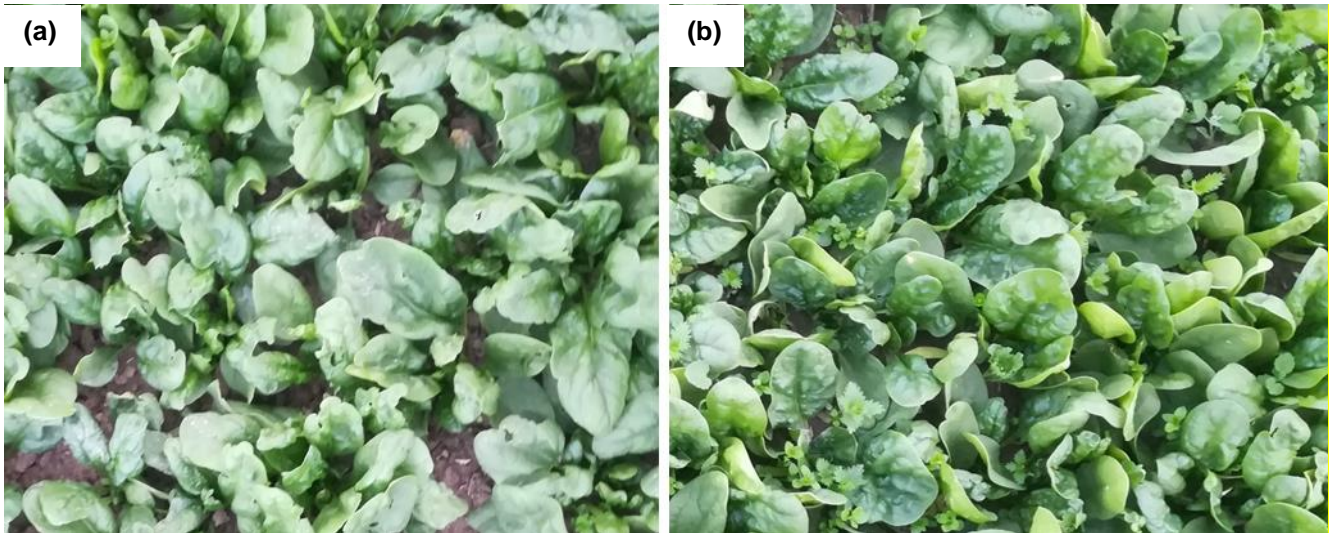
Figuur 4.12 In beide plots werd op vals zaaibed en in vooropkomst gebrand, (a) 2 keer in na-opkomst gewiedegd, (b) geen na-opkomstbehandeling. Fotodatum 12 september, 36 dagen na zaai.



Figuur 4.13 In beide plots werd op vals zaaibed gewiedegd en in vooropkomst geen behandeling uitgevoerd, (a) 2 keer in na-opkomst gewiedegd, (b) geen na-opkomstbehandeling. Fotodatum 12 september, 36 dagen na zaai.



Figuur 4.14 In beide plots werd op vals zaaibed gebrand, vooropkomst kende geen behandeling, (a) 2 keer in na-opkomst gewiedegd, (b) geen na-opkomstbehandeling. Fotodatum 12 september, 36 dagen na zaai.



Figuur 4.15 In beide plots werd op vals zaaibed geen behandeling uitgevoerd, in vooropkomst werd gebrand, (a) 2 keer in na-opkomst gewiedegd, (b) geen na-opkomstbehandeling. Fotodatum 12 september, 36 dagen na zaai.



Figuur 4.16 In beide plots werd op vals zaaibed en in vooropkomst geen behandeling uitgevoerd, (a) 2 keer in na-opkomst gewiedegd, (b) geen na-opkomstbehandeling. Fotodatum 12 september, 36 dagen na zaai.

4.3.1.2.2 Onkruidbiomassa ($g\ m^{-2}$) en onkruidfractie (%)

De onkruidbiomassa werd significant beïnvloed door de na-opkomstbehandeling en vertoonde een significante interactie tussen de vals zaaibedbehandeling en de vooropkomstbehandeling (Tabel 4.14).

Indien er in na-opkomst niet gewiedegd werd, bevat het geoogste gewas significant 5.7 keer meer onkruidbiomassa (44 versus $251\ g\ m^{-2}$, significant) (Tabel 4.14).

Binnen eenzelfde vooropkomst behandeling biedt branden op vals zaaibed steeds het beste eindresultaat (82 en $93\ g\ m^{-2}$ bij respectievelijk vooropkomst branden of geen behandeling in vooropkomst). Indien in vooropkomst gebrand werd, leverde branden op het vals zaaibed slechts $67\ %$ van de onkruidbiomassa ten opzichte van het slechtst presterende wiedegeen (niet significant). Indien in vooropkomst niet gebrand werd, leidde branden op vals zaaibed tot een onkruidbiomassa die $31\ %$ bedraagt ten opzichte van de onkruidbiomassa indien geen behandeling werd uitgevoerd op het vals zaaibed (slechtst presterend) (significant). Het intermediaire wiedegeen verschilde niet significant van branden (Tabel 4.14).

Binnen eenzelfde vals zaaibedbehandeling zorgde vooropkomst branden steeds voor de laagste onkruidbiomassa-opbrengst (bij vals zaaibedbehandeling branden, wiedegeen of geen behandeling respectievelijk 12 , 35 en $64\ %$ reductie in onkruidbiomassa ten opzichte van geen vooropkomst behandeling; enkel zonder vals zaaibedbehandeling is dit significant) (Tabel 4.14).

Tabel 4.14 Onkruidbiomassa ($g\ m^{-2}$) voor alle na-opkomstbehandelingen en alle factoriële combinaties van vals zaaibedbehandeling, en vooropkomstbehandeling, en 3-weg Anovatablel.

	NAK ¹	VZB ¹	VOK ¹	Gemiddelde \pm SE				
NAK LSD ² NAK = 110	wiedegeen			44 ± 16				
	geen behandeling			251 ± 30				
VZB x VOK LSD ³ VZB = 101 LSD ⁴ VOK = 77		branden	branden	82 ± 27				
			geen behandeling	93 ± 29				
		wiedegeen	branden	122 ± 45				
			geen behandeling	187 ± 77				
		geen behandeling	branden	108 ± 40				
			geen behandeling	296 ± 60				
Anova⁵	BLOK	NAK	VZB	VOK	NAK x VZB	NAK x VOK	VZB x VOK	NAK x VZB x VOK
	NS	**	*	***	NS	NS	**	NS

¹NAK = na-opkomst; VZB = vals zaaibed; VOK = vooropkomst; BLOK = blokfactor

²LSD = Least Significant Difference ($p < 0.05$). LSD voor aanduiding significante verschillen tussen NAK behandelingen

³LSD voor aanduiding significante verschillen tussen behandelingen van factor VZB binnen elke behandeling van factor VOK

⁴LSD voor aanduiding significante verschillen tussen behandelingen van factor VOK binnen elke behandeling van factor VZB

⁵NS = niet significant; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$

De onkruidfractie vertoonde net als de onkruidbiomassa een significant effect van de na-opkomstbehandeling en een significante interactie- tussen de vals zaaibedbehandeling en de vooropkomstbehandeling (Tabel 4.15a).

Na-opkomst wiedeggen (1.65 %) leverde een significant lagere onkruidfractie op ten opzichte van geen na-opkomst behandeling (8.61 %) (6.96 procentpunten verschil, significant) (Tabel 4.15a).

Binnen dezelfde vooropkomst behandeling leidde branden op het vals zaaibed steeds tot de laagste onkruidfractie. Indien de vooropkomst behandeling branden betrof, was branden in vals zaaibed (2.71 %) 1.20 procentpunten beter dan geen vals zaaibed (3.91 %) en 1.37 procentpunten beter dan wiedeggen (4.08 %) (niet significant). Indien er geen vooropkomst behandeling werd uitgevoerd, scoorde branden (3.13 %) respectievelijk 3.68 en 7 procentpunten beter dan wiedeggen (niet significant) en geen vals zaaibedbehandeling (significant) (Tabel 4.15a).

Verder bood vooropkomst branden binnen éénzelfde vals zaaibedbehandeling steeds een lagere onkruidfractie dan niet vooropkomst branden, met respectievelijke verschillen bij vals zaaibed branden, wiedeggen of geen behandeling van 0.42, 2.73 en 6.22 procentpunten (dit was enkel significant verschillend indien er geen vals zaaibed behandeling uitgevoerd werd) (Tabel 4.15a).

Wanneer objectspecifiek bekeken wordt, blijven enkel plots met een brandbeurt op vals zaaibed en/of vooropkomst, en in na-opkomst 2 keer gewiedegd, onder de 1 % onkruidfractielimiet (Tabel 4.15b).

Tabel 4.15 (a) Onkruidfractie (%), berekend als onkruidbiomassa ($g\ m^{-2}$) ten opzichte van de totale spinaziebiomassa ($g\ m^{-2}$) met bijhorende significante factoren vanuit een 3-weg Anova en hiermee geassocieerde relevante gemiddelden. (b) Onkruidfractie \pm SE (%) voor alle factoriële combinaties van vals zaaibedbehandeling en vooropkomstbehandeling en na-opkomstbehandeling.

(a)	NAK ¹		VZB ¹		VOK ¹		Gemiddelde \pm SE						
NAK LSD ² NAK = 3.65	wiedeggen						1.65 \pm 0.61						
	geen behandeling						8.61 \pm 1.15						
VZB x VOK LSD ³ VZB = 4.16 LSD ⁴ VOK = 3.21			branden		branden		2.71 \pm 0.91						
					geen behandeling		3.13 \pm 0.95						
			wiedeggen		branden		4.08 \pm 1.60						
					geen behandeling		6.81 \pm 3.05						
			geen behandeling		branden		3.91 \pm 1.40						
					geen behandeling		10.13 \pm 2.12						
Anova ⁵	BLOK	NAK	VZB	VOK	NAK x VZB	NAK x VOK	VZB x VOK	NAK x VZB x VOK					
	NS	**	NS	**	NS	NS	*	NS					
(b)	Object ⁶	ebe	ege	bbe	bge	gbe	gge	ebg	egg	bbg	bgg	gbg	ggg
	Onkruidfractie (%)	0.49	1.39	0.32	0.42	0.55	6.71	7.67	12.22	5.09	5.84	7.27	13.56
	\pm SE	0.07	0.77	0.03	0.12	0.13	2.76	2.26	5.16	0.95	0.63	1.79	2.59

¹NAK = na-opkomst; VZB = vals zaaibed; VOK = vooropkomst; BLOK = blokfactor

²LSD = Least Significant Difference ($p < 0.05$). LSD voor aanduiding significante verschillen tussen NAK behandelingen

³LSD voor aanduiding significante verschillen tussen behandelingen van factor VZB binnen elke behandeling van factor VOK

⁴LSD voor aanduiding significante verschillen tussen behandelingen van factor VOK binnen elke behandeling van factor VZB

⁵NS = niet significant; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$

⁶De objectnaam bestaat uit een code van 3 letters waarbij de eerste letter staat voor de vals zaaibedbehandeling, de tweede letter voor de vooropkomstbehandeling- en de derde letter voor na-opkomstbehandelingen; e = wiedeggen, b = branden, g = geen behandeling.

4.3.1.3 Economie van de beheersystemen

Bij éénzelfde na-opkomstbehandeling benodigde objecten waarin gebrand werd meer arbeidsuren en diesel dan objecten zonder branden (indien na-opkomst wiedeggen 5.5 tot 7.7 u ha⁻¹, 26.3 tot 36 l diesel ha⁻¹; indien geen behandeling in na-opkomst tot 4.2 u ha⁻¹, 6.7 tot 21.8 l diesel ha⁻¹) (Tabel 4.16). Het object branden in vals zaaibed en vooropkomst, en wiedeggen in na-opkomst had de hoogste nood aan energie en arbeidsuren.

Tabel 4.16 Diesel- en propaanverbruik (l ha⁻¹) en benodigde arbeidsuren (ha⁻¹) benodigd bij elke onkruidbestrijdingssysteem. Hierbij werd het keren op de kopakker niet mee begroot. Alle behandelingen werden uitgevoerd met een werkbreedte van 3 m. De sporen van de 3 m brede breedspoor trekker worden aldus mee begroot.

Object ²	VZB			VOK			NAK1		NAK2		Totaal		
	Arbeidsuren (ha ⁻¹)	C ₃ H ₈ (l ha ⁻¹)	Diesel (l ha ⁻¹)	Arbeidsuren (ha ⁻¹)	C ₃ H ₈ (l ha ⁻¹)	Diesel (l ha ⁻¹)	Arbeidsuren (ha ⁻¹)	Diesel (l ha ⁻¹)	Arbeidsuren (ha ⁻¹)	Diesel (l ha ⁻¹)	Arbeidsuren (ha ⁻¹)	C ₃ H ₈ (l ha ⁻¹)	Diesel (l ha ⁻¹)
ebe	0.8	0	5.4	1.1	6.7	6.7	1.3	5.3	2.2	8.9	5.5	6.7	26.3
ege	0.8	0	5.4	0	0	0	1.3	5.3	2.2	8.9	4.4	0	19.6
bbe	3.0	18.2	15.2	1.1	6.7	6.7	1.3	5.3	2.2	8.9	7.7	24.8	36.0
bge	3.0	18.2	15.2	0	0	0	1.3	5.3	2.2	8.9	6.6	18.2	29.4
gbe	0	0	0	1.1	6.7	6.7	1.3	5.3	2.2	8.9	4.7	6.7	20.9
gge	0	0	0	0	0	0	1.3	5.3	2.2	8.9	3.6	0	14.2
ebg	0.8	0	5.4	1.1	6.7	6.7	0	0	0	0	1.9	6.7	12.1
egg	0.8	0	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	5.4
bbg	3.0	18.2	15.2	1.1	6.7	6.7	0	0	0	0	4.1	24.8	21.8
bgg	3.0	18.2	15.2	0	0	0	0	0	0	0	3.0	18.2	15.2
gbg	0	0	0	1.1	6.7	6.7	0	0	0	0	1.1	6.7	6.7
ggg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e: 4 km u ⁻¹ , 6.5 l diesel u ⁻¹ b: 1.1 km u ⁻¹ , 5 l diesel u ⁻¹ , 6 l C ₃ H ₈ u ⁻¹			b: 3 km u ⁻¹ , 6 l diesel u ⁻¹ , 6 l C ₃ H ₈ u ⁻¹			e: 2.5 km u ⁻¹ , 4 l diesel u ⁻¹		e: 1.5 km u ⁻¹ , 4 l diesel u ⁻¹				

¹NAK = na-opkomst; VZB = vals zaaibed; VOK = vooropkomst; BLOK = blokfactor

²De objectnaam bestaat uit een code van 3 letters waarbij de eerste letter voor de vals zaaibed-, de tweede letter voor de vooropkomst- en de derde letter voor de na-opkomstbehandeling staat; e = wiedeggen, b = branden, g = geen behandeling.

4.3.2 Discussie

De verschillen in spinazie-opbrengst waren niet significant, de spinazie-opbrengst bedroeg gemiddeld 2 780 g m⁻². Het meestal significante uitdunningseffect van de na-opkomst wiedegbeurten beïnvloedde de spinazie-opbrengst dus niet, in tegenstelling tot proef 2, waar wel een significante opbrengstdaling geconstateerd werd. De afname in standdichtheid bedroeg 23 tot 36 %, gemiddeld resteerden er bij de in na-opkomst gewiedegde plots nog 216 pl. m⁻². In het object zonder vals zaaibedbehandeling en branden als vooropkomstbehandeling, resulteerden de 2 na-opkomstbehandelingen in een standdichtheid van 165 pl. m⁻², alle andere objecten schommelden rond of boven het ideale getal van 200 pl. m⁻² (Tabel 4.9) (Inagro, 2019; Verdure, 2019). Desondanks gaf dit object niet de laagste spinaziebiomassa-opbrengst (2 856g m⁻², Tabel 4.11). In proef 2 bedroeg de afname in standdichtheid door 2 na-opkomst wiedegbehandelingen 29 %, resulterend in 177 pl. m⁻², en wel de laagste spinaziebiomassa-opbrengst (Tabel 4.4). Wellicht spelen raseffecten alsook groeiomstandigheden (temperatuur en neerslag) na de behandelingen een rol. Ook Tei *et al.* (2002) vonden slechts beperkte verschillen in spinazieopbrengst tussen verschillende na-opkomstbehandelingen (wiedeggen, branden, vingerwieden of pennenfrezen) (Tabel 2.12). Tei *et al.* zaaiden alle plots aan 4.6 miljoen zaden ha⁻¹ en maakten geen gewag van significant lagere standdichtheden.

Indien er in na-opkomst gewiedegd werd, waren er voor de vals zaaibedbehandelingen geen significante verschillen in onkruidbezetting na de eerste na-opkomst wiedegbeurt waar te nemen. Toch had branden op vals zaaibed de laagste bezetting (67 planten m⁻²), en zonder vals zaaibedbehandeling de hoogste bezetting (92 planten m⁻²). Wanneer in na-opkomst niet gewiedegd werd, valt duidelijk op dat wiedeggen op vals zaaibed de onkruidkieming extra gestimuleerd heeft (622 planten m⁻², 69 % meer onkruidplanten dan branden en 65 % meer dan een vals zaaibed zonder enige curatieve ingreep voor zaai. Ook Boyd *et al.* (2006) ondervonden dat de meest bodemverstorende technieken op vals zaaibed in de hoogste onkruidbezettingen resulteren verderop in de spinazieteelt; kruidnagelolie en branden (beiden niet bodemverstorend) gaven steeds significant de minste nieuwe kieming (Tabel 2.10).

Als vals zaaibedbehandeling haalde branden steeds een lagere onkruidbiomassa dan wiedeggen, hoewel deze verschillen nooit significant waren. Als ook een vooropkomst brandbeurt werd uitgevoerd, zijn de verschillen tussen vals zaaibedbehandelingen onderling miniem (82 tot 122 g m⁻²). In Peruzzi *et al.* (2005) zorgde branden op vals zaaibed wel voor een significant lagere onkruidbiomassa bij oogst, ten opzichte van wiedeggen en rolschoffelen op vals zaaibed (Tabel 2.9). Vermoedelijk valt dit te wijten aan het weer (3.2.3.3 Weer), die een massale onkruidkieming pas na de vals zaaibedbehandeling lieten voltrekken (Figuur 4.10). Op vals zaaibed resulteerde branden finaal ook in de laagste onkruidfractie (niet significant ten opzichte van wiedeggen). Bij een vooropkomst brandbehandeling, leverde wiedeggen op vals zaaibed 14 g m⁻² extra onkruidbiomassa dan geen vals zaaibedbehandeling (niet significant), alsook een 0.17 procentpunten hogere onkruidfractie dan geen vals zaaibedbehandeling (niet significant); het resultaat van de extra stimulering tot onkruidkieming door dit wiedeggen.

Branden in vooropkomst was enkel significant lager naar onkruidbiomassa en onkruidfractie indien er op het vals zaaibed geen behandeling werd uitgevoerd (108 versus 296 g m⁻², 3.91 versus 10.13 %). Om een slecht vals zaaibed te kunnen opvangen (bijvoorbeeld onvoldoende onkruidkieming door te lage bodemtemperaturen of lage bodemvochtgehaltenes), kan een vooropkomst brandbeurt, bovenop een vals zaaibed brand- of wiedegbeurt, een extra verzekering bieden.

De onkruidbezetting (bij de laatste telbeurt) werd in eerste instantie beïnvloed door de na-opkomst wiedegebeurt. Na de eerste na-opkomst behandeling zorgde de eerste na-opkomst wiedegebeurt al voor de laagste onkruidbezetting bij éénzelfde vals zaaibedbehandeling (enkel wanneer geen vals zaaibedbehandeling werd uitgevoerd was dit net niet significant). De regenbuien na zaai (3.2.3.3 Weer) stimuleerden een massale onkruidkiemgolf, die zonder na-opkomst wiedegeen niet werd bestreden. De 2 na-opkomst wiedegebeurten hadden een significant effect op de onkruidbiomassa, niet wiedegeen leidde tot 5.7 keer meer onkruidbiomassa in het geoogste product. De lagere bedekkingsgraad bij de in na-opkomst gewiedegde objecten kon het onkruid geen nieuwe kansen bieden, daar eind augustus de warme en droge weersomstandigheden voor bestrijding zeer gunstig, en voor nieuwe onkruidkieming slecht waren (3.2.3.3 Weer). Het gunstige effect van het na-opkomst wiedegeen resulteerde ook in een significant lagere onkruidfractie (1.65 % versus 8.61 % indien geen na-opkomst behandeling). Ondanks het gunstige effect van na-opkomst wiedegeen, werd de op het contract toegelaten onkruidfractie van 1 % *Stellaria media* L. en/of *Urtica* L. spp. voor pureespinazie (Goudeseune, 2019; Verdure, 2019) steeds overschreden indien bovenop de na-opkomst wiedegebeurten geen brandbeurt in vals zaaibed en/of vooropkomst uitgevoerd werd (Tabel 4.15). Uit Tabel 3.10 valt af te leiden dat de zaadbank in proef 3 dubbel zo groot is als in de andere proeven. Dit verklaart wellicht waarom velden met verwachte hogere onkruiddruk in de praktijk toch op vals zaaibed of in vooropkomst een (in de biospinazie niet courante) branderbehandeling genieten (Smedts, 2019).

Ondanks dat branden op vals zaaibed naar onkruidbezetting gunstiger was dan wiedegeen, neemt branden een aanzienlijk aandeel in het energieverbruik en arbeidsuren. Op vals zaaibed benodigde branden 3.75 keer meer arbeidsuren dan wiedegeen (3 versus 0.8 u). Toch biedt branden op vals zaaibed of vooropkomst de beste vooruitzichten om te voldoen aan de kwaliteitsvereisten in zake onkruidfractie, en zo de spinazieoogst omwille van een te grote onkruidfractie niet te moeten vernietigen of overmatig handmatig te moeten wieden. De onkruiden die het vals zaaibed overleven bij wiedegeen zonder branden in vooropkomst, raken in na-opkomst moeilijker mechanisch bestreden daar ze al goed ingeworteld zijn. Deze planten kunnen moeiteloos de competitie met het spinaziegewas aan.

5. Besluit

5.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht

OV 1.1: Onderdrukt een sneller groeiend ras onkruid beter dan een trager groeiend ras?

Hoewel qua onkruidbiomassa en onkruidfractie een snelgroeiend ras als Baboon (12 g m^{-2} , 0.34 %) of Bufflehead (3 g m^{-2} , 0.07 %) minder opleverde dan het trager groeiende Sonoma (30 g m^{-2} , 1.12 %), werden geen significante verschillen vastgesteld. Sonoma overschreed als enige de onkruidtolerantie van 1 % *Stellaria media* L. en/of *Urtica* spp. voor pureespinazie.

OV 1.2: Laat een planofiele bladstand meer onkruidonderdrukking toe dan een erectofiele bladstand?

Het ras met een vlakke bladstand (Sonoma) was ook de traagste groeier. Ondanks de hogere onkruidbiomassa en onkruidfractie was dit ras op vlak van voornoemde parameters niet significant verschillend van de andere rassen. Om het zuiver effect van bladstand na te gaan, dienen 2 rassen (met erectofiele en planofiele bladstand) gekozen te worden met dezelfde groeiduurtijd, bladschijfgrootte en LAI, en mogen geen standdichtheidsverschillen aanwezig zijn.

OV 1.3: Is er een inverse relatie tussen spinaziebiomassa/-standdichtheid en onkruidbiomassa?

Een hogere standdichtheid – bij gelijke interrijafstand dus een lagere intrarijafstand) - leverde een lagere onkruidbiomassa/onkruidfractie, dit effect was het sterkst bij het traagst groeiende ras Sonoma (bij dit ras kon wel maar een verband tot 126 pl. m^{-2} opgemaakt worden). Een hogere spinaziebiomassa leidde enkel bij Baboon en Sonoma tot een lagere onkruidbiomassa. Als de bedekkingsgraad door spinazie steeg, daalde de onkruidfractie steeds significant. De spinaziebiomassa is positief gecorreleerd met de bedekkingsgraad (significant verband).

OV 1.4: Beïnvloedt de standdichtheid de kwaliteit van de spinazie, in zake fractie geel blad en bladschijf/bladsteel-verhouding?

De tarrafractie werd binnen de beschouwde ranges aan standdichtheden ($42 - 238 \text{ pl. m}^{-2}$) niet significant beïnvloed door de standdichtheid (tarrafractie bedroeg ruwweg 20 à 30 %). Daar de interrijafstand steeds dezelfde was (10.5 cm), werd de standdichtheid enkel beïnvloedt door de intrarijafstand. Het bladsteelaandeel werd daarentegen wel beïnvloedt door de standdichtheid en bijgevolg intrarijdensiteit: met een stijgende standdichtheid steeg het aandeel bladstelen.

Op grond van bovenstaande antwoorden op de gestelde onderzoeksvragen wordt H 1 deels ondersteund.

H 1: Standdichtheid en rassenkeuze beïnvloeden de finale spinaziekwaliteit, -opbrengst en onkruidbiomassa bij oogst.

Hoewel niet significant, geeft deze proef toch aanwijzingen dat sneller groeiende rassen onkruiden beter kunnen onderdrukken. Naar effect van bladstand kan geen éénduidig antwoord gegeven worden, daar ook de groeisnelheid een rol speelt. De spinaziebiomassa en -standdichtheid zijn veelal negatief gecorreleerd met de onkruidbiomassa. Het bladsteelaandeel is positief gecorreleerd met de standdichtheid, de tarrafractie daarentegen vertoont geen correlatie met de standdichtheid.

5.2 Proef 2: Impact van zaaiverbanden

OV 2.1: Welke combinatie van zaaiverband en onkruidbeheer resulteert in de laagste veronkruiding bij oogst?

De laagste onkruidbiomassa en onkruidfractie in geoogst product werd waargenomen bij een nauwe rijafstand met 2 na-opkomst wiedegebeurten (12 g m^{-2} , 0.51 %). Wiedeggen pakte onkruiden zowel tussen de rij als in de rij aan, in tegenstelling tot schoffelen. Helaas leverde deze combinatie significant de laagste spinazieopbrengst (2368 g m^{-2} , 82 % van de opbrengst in het nauw enkel rij systeem zonder na-opkomstbehandelingen) omwille van het uitdunnend effect door wiedegeen. Een nauwe rijafstand met wiedegeen voldeed evenwel als enig systeem aan de onkruidtolerantienorm (1 % *Stellaria media* L. en/of *Urtica* spp. voor pureespinazie)°van de industrie.

OV 2.2: Beïnvloedt een grotere interrijafstand de spinazieopbrengst en -kwaliteit?

Een grotere interrijafstand gecombineerd met schoffelen beïnvloedde de spinazie-opbrengst niet ten opzichte van een nauwe interrijafstand. Naar onkruidfractie in het geogste eindproduct toe, was deze 0.78 (breed enkel rijstelsysteem) tot 1.19 (dubbel rijstelsysteem) procentpunten hoger dan nauwe enkel rijstelsysteem met wiedeggen, maar nog steeds significant lager dan een nauw enkel rijstelsysteem zonder wiedeggen. Bij schoffelen werden onkruiden in de gewasrij of tussen de smalste interrijafstand van de 2 rijen in een dubbel rijstelsysteem niet aangepakt. De fractie spinazietarra was wel significant lager bij een grotere interrijafstand ten opzichte van een nauwe interrijafstand zonder na-opkomstbehandelingen. De grotere intrarijdichtheid in systemen met bredere interrijafstanden kan in voorjaarsspinazie wel tot een hoger risico op schot leiden (Dewaele *et al.*, 2015). Het bladsteelaandeel daarentegen scoorde bij het breed enkel rijstelsysteem (35 %) intermediair tussen het nauw enkel rijstelsysteem met (30 %) of zonder wiedeggen (39 %). Het bladsteelaandeel van het dubbel rijstelsysteem (36 %) leunde iets dichter aan bij dat van het nauw enkel rijstelsysteem zonder wiedeggen, met het hoogste bladsteelaandeel. Anderzijds was de standdichtheid bij de nauw enkel rijstelsystemen minstens 40 pl. m⁻² hoger. Een gecombineerd effect van intrarijafstand en interrijafstand op het bladsteelaandeel kan op basis van proef 2 niet uitgesloten worden. Proef 1 (met constante interrijafstand) wees reeds op de positieve correlatie tussen de intrarijafstand en het bladsteelaandeel, proef 2 mogelijk ook op de rol van interrijafstand (waarschijnlijk eerder negatieve gecorreleerd met het bladsteelaandeel).

Op grond van bovenstaande antwoorden op de gestelde onderzoeksvragen wordt H 2 deels ondersteund.

H 2: Het zaaiverband, met geassocieerd mechanisch onkruidbeheer beïnvloedt de finale spinaziekwaliteit, -opbrengst en onkruidbiomassa bij oogst.

Een gecombineerd effect van intrarijafstand en interrijafstand op het bladsteelaandeel kan op basis van proef 2 niet uitgesloten worden. De onkruidfractie is hoger in systemen met bredere interrijafstanden. De laagste onkruidfractie wordt bekomen bij een nauwe interrijafstand met 2 na-opkomst wiedegbeurten.

5.3 Proef 3: Impact van geïntegreerde onkruidbeheersingssystemen

OV 3.1: Draagt een vals zaaibedbehandeling bij tot een geringere onkruiddruk en onkruidaandeel in de geogste biomassa en welke behandeling (thermisch, mechanisch) is hierbij het meest optimaal?

De onkruidbezetting na de eerste na-opkomst wiedegbeurt verschilde niet significant tussen de verschillende behandelingen of geen behandeling op vals zaaibed. Wanneer in na-opkomst niet gewiedegd werd, is branden (367 pl. m⁻²) op vals zaaibed significant beter dan wiedeggen (622 pl. m⁻²), en niet significant ten opzichte van een onbehandeld vals zaaibed (378 pl. m⁻²).

Indien in vooropkomst gebrand werd, leverde branden op vals zaaibed de laagste onkruidbiomassa (76 % van een onbehandeld vals zaaibed) en het bodemverstorende wiedeggen de hoogste (112 % van onbehandeld vals zaaibed) (de behandelingen verschilden niet significant). Indien niet gebrand werd in vooropkomst, resulteerde branden op vals zaaibed net niet in een significant lagere onkruidbiomassa ten opzichte van wiedeggen (50 % van onkruidbiomassa van wiedeggen, en significant ten opzichte van geen curatieve behandeling op vals zaaibed (31 % van onkruidbiomassa van geen behandeling op vals zaaibed). Deze conclusie is exact dezelfde voor de onkruidfractie in het geogste product. Wanneer in vooropkomst gebrand werd, was branden op vals zaaibed 1.20 procentpunten beter dan een onbehandeld vals zaaibed en 1.37 procentpunten beter dan wiedeggen (niet significant). Indien er geen vooropkomst behandeling werd uitgevoerd, scoorde branden respectievelijk 3.68 en 7 procentpunten beter dan wiedeggen (niet significant) en geen vals zaaibedbehandeling (significant).

Branden op vals zaaibed biedt aldus de meeste zekerheid op een zo weinig mogelijk veronkruid eindproduct.

OV 3.2: Draagt vooropkomst branden bij tot een geringere onkruiddruk en onkruidaandeel in de geogste biomassa?

Naar onkruidbezetting bracht vooropkomst branden geen significant effect ten opzichte van geen behandeling (telling na eerste na-opkomst wiedegbeurt). Deze brandbeurt zorgde bij éénzelfde vals zaaibedbehandeling steeds voor een lagere onkruidbiomassa per oppervlakte-éénheid, alsook voor een lagere onkruidfractie, hoewel dit enkel significant is indien er geen vals zaaibedbehandeling werd uitgevoerd (respectievelijk bij branden, wiedeggen en geen behandeling op vals zaaibed een reductie van 12, 35 en 64 % van de onkruidbiomassa, ofwel 0.42, 2.73 en 6.22 procentpunten onkruidfractie minder door te branden in vooropkomst ten opzichte van geen vooropkomst behandeling). Een vooropkomst brandbeurt kan als assurantie in het systeem opgenomen worden om bijvoorbeeld een mislukt vals zaaibed op te vangen, of bij zeer zware onkruiddruk.

OV 3.3: Draagt na-opkomst eggen bij tot een geringere onkruiddruk en onkruidtaandeel in de geoogste biomassa?

Na-opkomst wiedeggen heeft in deze proef een significante bijdrage gehad tot een geringere onkruiddruk en onkruidtaandeel (1.65 % en 8.61 % onkruidfractie bij 2 of geen na-opkomst wiedegbeurten) in de geoogste spinazie. De uitdunning veroorzaakt door het na-opkomst wiedeggen beïnvloedde de spinazie-opbrengst niet significant in tegenstelling tot proef 2, waardoor ook de onkruidfractie door na-opkomst wiedeggen gunstig significant beïnvloed werd. De hogere standdichtheid bij aanvang van het na-opkomst wiedeggen, alsook raseffecten (proef 2 en 3 kenden andere rassen) (bijvoorbeeld via mate van verankering van spinazieplantjes) kunnen hierbij een rol spelen.

OV 3.4. Is er voor wat de voor- en na-opkomst behandelingen betreft een trade-off tussen beperking van gewasschade (uitdunning) en verminderde aanwezigheid van onkruid in het oogstproduct anderzijds?

De vooropkomst behandeling betrof een brandbeurt, die indien tijdig uitgevoerd, het gewas niet beschadigt. Om aan de onkruidtolerantie van 1 % *Stellaria media* L. en/of *Urtica* L. spp. voor pureespinazie te kunnen voldoen, dient in na-opkomst zeker 2 weidegbeurten uitgevoerd te worden. Door de dichte stand (245 tot 417 planten m⁻²) bij aanvang van de na-opkomst wiedegbeurten, gecombineerd met gunstige groeiomstandigheden, konden de resterende planten na uitdunning voldoende compenseren in spinazie-opbrengst (daling van 67 tot 117 planten m⁻², 23 tot 36 % afname, geen significante verschillen in spinazie-opbrengst). Onder deze voorwaarden is er van een trade-off geen sprake.

OV3.5. Welk geïntegreerd onkruidbeheersingssysteem is het meest duurzaam?

Naast een gering energieverbruik en arbeidsbehoefte (ecologische duurzaamheid) is effectiviteit t.o.v. onkruid (technische duurzaamheid), oogstzekerheid door een voldoende laag onkruidtaandeel in het geoogste product (economische duurzaamheid) en verminderd faalrisico (sociale duurzaamheid: beleving van risico) deel van een duurzame, biologische spinazieteelt. Het niet bodemversturende branden verbruikte evenwel meer energie en arbeidsuren dan wiedeggen, maar liet toe dat het onkruidbiomassa-aandeel onder de onkruidtoleranties van 1 % *Stellaria media* L. en/of *Urtica* L. spp. voor pureespinazie bleef (althans indien er op vals zaaibed of in vooropkomst gebrand werd). Bovendien is er geen drogend weer na de behandeling vereist om de onkruiden af te doden. De hoge effectiviteit, flexibiliteit in gebruik en laag faalrisico, maken van branden een interessante methode om mee op te nemen in een geïntegreerd onkruidbestrijdingssysteem.

Op grond van bovenstaande antwoorden op de gestelde onderzoeksvragen wordt H 3 deels ondersteund.

H 3: Een geïntegreerde aanpak waarbij zowel in vals zaaibed, vooropkomst als na-opkomst onkruid bestreden wordt, maximaliseert de spinazie-opbrengst en minimaliseert onkruidbiomassa en onkruidfractie.

Indien een brandbeurt op vals zaaibed werd aangelegd en in na-opkomst 2 keer gewiedegd werd, was een vooropkomst behandeling niet vereist om onder de onkruidlimieten van 1 % *Stellaria media* L. en/of *Urtica* L. spp. voor pureespinazie te blijven. Toch kan bij een mislukt vals zaaibed een vooropkomst brandbeurt als assuratie dienen. Zoals wiedeggen in vals zaaibed onkruidkieming kan stimuleren, kan dit bij vooropkomst wiedeggen ook het geval zijn (uitgestelde kieming na een periode van voor kieming suboptimale omstandigheden gedurende de vals zaaibed periode). In na-opkomst is enkel wiedeggen mogelijk. Onkruiden die dan nog gestimuleerd worden tot kieming, maken minder kans competitie te voeren ten opzichte van de al grotere spinazieplanten, en zijn makkelijker te bestrijden.

5.4 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Uit de proeven bleek dat wieden in een lagere onkruidfractie resulteerde dan handmatig schoffelen. Om goed te kunnen vergelijken, zou ook machinaal geschoffeld moeten worden. Bovendien laat de beugelschoffel van 17 cm breedte bij een interrijafstand van 21 cm, een ruimte van 4 cm onbewerkte grond. Door de schoffelbreedte verder op te trekken kan de hoeveelheid aangepakte onkruiden stijgen, alsook het risico op gewasschade. De ideale afweging tussen maximaal geschoffeld oppervlak en gewasschade is immers van groot belang, al zal deze afhangen van de machines gehanteerd door de teler, zoals de precisie van de aanwezige RTK-GPS.

Bandzaai werd gesimuleerd door 2 rijen op 10.5 cm afstand, en tussen elke duo rijen 21 cm interrijafstand. Een echte bandzaai (waarbij de spinaziezaden random verdeeld worden over een brede strook) dient aangelegd te worden om exacter het effect op onkruidbiomassa en spinazieopbrengst te kunnen nagaan.

In een geïntegreerd onkruidmanagement kan ook in vooropkomst gewiedegd worden in de plaats van branden. Kan de spinazie onkruidzaden die door deze behandeling nog tot kieming worden gestimuleerd, tijdig onderdrukken? Zo kan - indien een vooropkomst behandeling gewenst is - het duurdere vooropkomst branden vervangen worden door het goedkopere wieden. Dit wieden mag de spinaziekiemen niet beschadigen. Er dient dus voldoende diep gezaaid, en in het correcte stadium gewiedegd te worden.

Daar het weer een grote impact heeft op de efficiëntie van verscheidene fysische onkruidbestrijdingsmethodes, is het interessant de proefopzet meerdere keren - en zo in meerdere weersomstandigheden - te herhalen. Alle experimenten werden uitgevoerd in een herfstteelt. Door de warme zomeromstandigheden in het begin van de herfstteelt, kiemt en groeit de spinazie (maar ook het onkruid) snel. Echter elk seizoen steunt op seizoen-specifieke spinazierassen en wordt vergezeld door typerende onkruidsoorten (naargelang hun periodiciteit van kiemen): zowel ras als onkruidsoort variëren waarschijnlijk in hun respons op de uitgevoerde onkruidbehandelingen. Om na te gaan wat het effect is van andere kiem- en groeiomstandigheden, en verscheidene zaadbanken (variërend in samenstelling en densiteit), zouden de experimenten op meerdere plaatsen en meerdere tijdstippen herhaald moeten worden.

5.5 Aanbevelingen voor de onkruidbeheersing in biologische spinazie

- Het is van belang finaal een voldoende hoge standdichtheid te bekomen (200 pl. m⁻²), enerzijds om voldoende oogstbare spinazie te bekomen, anderzijds om voldoende competitie ten opzichte van onkruiden te bieden in en tussen de gewasrijen. Hierbij wordt best ook rekening gehouden met het uitdunnend effect van na-opkomst wieden. In de uitgevoerde veldproeven werd de spinaziestanddichtheid bij rijafstanden van 10.5 cm met 23 tot 36 % gereduceerd.
- Het perceel bevat best een zo arm mogelijke zaadbank; een grote zaadbankdensiteit resulteert in een verwachte hoge onkruiddruk, hogere onkruidbestrijdingskosten en een groter faalrisico.
- Om een zo laag mogelijke onkruidfractie in de totaal geoogste biomassa te bekomen, wordt best een nauwe interrijafstand gecombineerd met na-opkomst wieden. Een teeltsysteem met brede interrijafstanden beperkt de spinazie-opbrengst niet, al kan niet besloten worden of een schoffelbreedte, zo dicht mogelijk bij de interrijafstand, een lagere onkruidbiomassa en onkruidfractie zou bekomen. Door een hoge densiteit in de rij treedt er meer intraspecifieke concurrentie op, wat in voorjaarsspinazie bij gunstige omstandigheden (warm, lange dagen) tot schot kan leiden.
- Indien mogelijk, wordt best een vals zaaibed aangelegd, waarbij vlak voor zaai gebrand wordt. Een vooropkomst brandbeurt kan ook baten, indien door bijvoorbeeld weersomstandigheden de aanleg van een vals zaaibed niet mogelijk is of faalt in werkingsgraad op onkruid. Hierbij dient zo laat mogelijk, namelijk net voor BBCH 09 (cotyledonen breken door bodemoppervlak) gebrand te worden, om zoveel mogelijk onkruid te bestrijden doch het gewas niet te beschadigen. De kieming van het spinaziezaad moet dus accuraat opgevolgd worden.
- Bodembewerkingen op vals zaaibed of in vooropkomst dienen zo ondiep mogelijk te werken, om geen nieuwe, niet-dormante zaden in kiempositie te brengen. Branden verstoort de bodem niet maar kan wel ook dormantie van onkruidzaden doorbreken, hoewel dit niet in deze proeven werd vastgesteld.
- Als laatste moment om mechanisch te kunnen corrigeren, dienen 2 na-opkomstbehandelingen uitgevoerd te worden op BBCH 12 (2 echte bladeren) en BBCH 14 (4 echte bladeren) (ongeveer 1 week verschil). De tweede behandeling kan onkruiden die bij de eerste beurt nog overleefden, aanpakken. Indien er na de spinazie-opkomst nog veel extra onkruidkieming is opgetreden (bv. in geval van gespreide kieming of getriggerd door de eerste egbeurt), worden deze onkruiden anders niet bestreden. De bewerkingsdiepte en rijnsnelheid dienen zo ingesteld worden dat het onkruid ontworteld is of bedekt wordt, maar niet te veel schade aan de spinazie berokkenen. In deze proeven werd de tweede wiedenbeurt aan een tragere rijnsnelheid uitgevoerd dan de eerste (1.5 km u⁻¹ versus 2.5 km u⁻¹, beide beurten ± 2 cm diep).

6. Bibliografie

- Ascard, J.** (1995) Effect of flame weeding on weed species at different development stages. *Weed Research*, 35(5), pp.397-411.
- Bàrberi, P.** (2002) Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues?. *Weed Research*, 42(3), pp.177-193.
- Bàrberi, P., Bigongiali, F., Antichi, D., Carlesi, S., Fontanelli, M., Frasconi, & C. Lulli, L.** (2008). Innovative crop and weed management strategies for organic spinach: crop yield and weed suppression. *16th IFOAM Organic World Congress*, Modena, Italië, 16-20 juni 2008.
- Baumgarten, A. (ed.), Achleitner, A., Almesberger, M., Eschlböck, K., Greimer, J., Hamedinger, S., Hoffmann, G., Hofmair, W., Keferböck, J., Kovats, H.G., Mayern J., Unmann, F., Weber, J. & Zambra, K.** (2008). *Richtlijnen für die sachgerechte Düngung im garten- und feldgemüsebau*. 3^{de} editie. Wenen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. https://www.ages.at/download/0/0/c5344b8498318b179d7d409bb054bf46fc2d9325/fileadmin/AGES2015/Service/Landwirtschaft/Boden_Datein/Broschueren/Gemueseaubroschuere_3_Auflage.pdf. Geraadpleegd op 11 december 2019.
- Boyd, N.S., Brennan, E.B., & Fennimore, S.A.** (2006). Stale Seedbed Techniques for Organic Vegetable Production. *Weed technology*, 20(4), pp.1052-1057.
- Casemier, L.** Teeltbegeleider. Ardo, Zundert. e-mailverkeer, 6 januari 2020.
- Chancellor, R.J.** (1986). Decline of arable weed seeds during 20 years in soil under grass and the periodicity of seedling emergence after cultivation. *Journal of Applied Ecology*, 23(2), pp. 631-637.
- Corell, J.** (2019). *Denomination of Pfs: 17, a new race of downy mildew in spinach*. Agricultural and Natural Resources, University of California. <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=26906A>. Geraadpleegd op 25 november 2019.
- Decadt, R.** (rik.decadt@reo.be). Directeur productie. REO veiling, Roeselare. e-mailverkeer, 18 december 2019.
- Decroos, J.** (j.decroos@rijkszwaan.com). Account manager | Sales (International). Rijk Zwaan Belgium nv. e-mailverkeer, 3 februari 2020.
- De Cuypere, T.** (2018). *Impact van vals zaaibed op de zaadbank en veldopkomst van knopkruiden (Galinsoga spp.) en andere zaadonkruiden op biologische groentenpercelen*. Masterproef. Universiteit Gent.
- de Kraker, J., Bosch, H., Titulaer, H. H. H., Jonkers, J., Ester, A., Meier, R., & Kramer C.F.G.** (1991). *Teelt van spinazie* (Nr. 38). Proefstation voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond (PAGV) Lelystad. Informatie- en kenniscentrum voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond (IKC AGV) Lelystad.
- Departement Landbouw & Visserij.** (2019). *Landbouwcijfers*. <https://lv.vlaanderen.be/nl/voorlichting-info/publicaties-cijfers/landbouwcijfers>. Geraadpleegd op 12 november. 2019.
- Drews, S., Neuffoff, D. & Köpke, U.** (2009). Weed suppression ability of three winter wheat varieties at different row spacing under organic farming conditions. *Weed Research*, 49(5), pp.526-533.
- Dewaele, K., Delanote, L., & Rapol, J.** (2015). *Onkruidbestrijding in biologische spinazie is geen sinecure*. Inagro. https://www.inagro.be/Artikel/guid/6be0af5f-b8eb-40e0-acd0-472a0399a2a1_1205. Geraadpleegd op 18 december 2019.
- DOV.** (2020) Verkenner Databank Ondergrond Vlaanderen. <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner>. Geraadpleegd op 3 januari 2020.
- E-Phy.** (2019) *Usages: Epinard – Désherbage*. https://ephy.anses.fr/resultats_recherche/produits?f%5B%5D=usg%3A4345&uop=or&f%5B%5D=list_type_usage%3A2010040100000000001&or_igin=Y3VsdHVyZTE9ZXBpbmFyZHMmY3VsdHVyZTI9Jm51aXNpYmxlMT0mbnVpc2libGUyPSZtb2RIPS_ZmJTVCmCU1RD1saXN0X3R5cGVfdXNhZ2UIM0EyMDEwMDQwMTAwMDAwMDAwMDAwMQ%3D%3D. Geraadpleegd 18 december 2019.

- Europese Commissie.** (2002) *Richtlijn 2002/55/EG*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0055&from=nl>. Geraadpleegd op 13 april 2020
- Europese Raad.** (2015). *Verordening (EG) Nr. 1881/2006*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1881-20150521&from=EN>. Geraadpleegd op 15 december 2019.
- FAO.** (2019). *FAOSTAT Crops*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Geraadpleegd op 30 december 2019.
- Feller, C., Fink, M., Laber, H., Maync, A., Paschold, P., Scharpf, C., Schlaghecken, K., Weier, U., & Ziegler, J.** (2011). *Düngung im Freilandgemüsebau*. 3^{de} editie. Großbeeren, Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ). https://www.igzev.de/publikationen/IGZ_Duengung_im_Freilandgemuesebau.pdf. Geraadpleegd op 11 december 2019.
- Fennimore, S.A., & Doohan D.J.** (2008) The Challenges of Specialty Crop Weed Control, Future Directions. *Weed Technology*, 22(2), pp.364-372.
- Fischer, R.A., & Miles, R.E.** (1973). The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. *Mathematical Biosciences*, 18(3-4), pp.335-350.
- Fontanelli, M., Martelloni, L., Raffaelli, M., Frascioni, C., Ginanni, M., & Peruzzi, A.** (2015). Weed management in autumn fresh market spinach: a nonchemical alternative. *HortTechnology*, 25(2), pp.177-184.
- Fujito, S., Takahata, S., Suzuki, R., Hoshino, Y., Ohmido, N., & Onodera, Y.** (2015). Evidence for a Common Origin of Homomorphic and Heteromorphic Sex Chromosomes in Distinct *Spinacia* Species. *G3-Genes Genomes Genetics*, 5(8), pp.1663-1673.
- Fytoweb.** (2019a). *Intrekking van de toelatingen van middelen op basis van chloorprofam*. <https://fytoweb.be/nl/nieuws/intrekking-van-de-toelatingen-van-middelen-op-basis-van-chloorprofam>. Geraadpleegd op 18 december 2018.
- Fytoweb.** (2019b). *Producten op basis van asulam tijdelijk toegelaten tegen eenjarige tweezaadlobbige onkruiden in diverse teelten*. <https://fytoweb.be/nl/nieuws/producten-op-basis-van-asulam-tijdelijk-toegelaten-tegen-eenjarige-tweezaadlobbige-onkruiden>. Geraadpleegd op 18 december 2019.
- Fytoweb.** (2019c). *Toelatingen van gewasbeschermingsmiddelen raadplegen*. <https://fytoweb.be/nl/toelatingen>. Geraadpleegd op 18 december 2019.
- Gomez, K. & Gomez, A.** (1984). *Statistical Procedures For Agricultural Research*. Tweede editie. New York, John Wiley & Sons.
- Goudeseune, S.** Agro- en procurement manager. Greenyard Frozen Belgium, Westrozebeke. Persoonlijk gesprek, 15 november 2019.
- Grime, J. P., Hodgson, J. G., & Hunt, R.** (1988). *Comparative Plant Ecology*. Unwin Hyman Ltd. London, UK.
- Inagro.** (2010) *Kwaliteitsnormen vollegrondsgroenten voor de industrie – Aanbevelingen voor het opmaken van teelt- en aankoopcontracten*. 3^{de} herziene druk. Provinciaal onderzoeks- en voorlichtingscentrum voor land- en tuinbouw (POVLT). https://www.inagro.be/Artikel/guid/6be0af5f-b8eb-40e0-acd0-472a0399a2a1_454. Geraadpleegd op 26 december 2019.
- Inagro.** (2015) *Winterspinazie voor de verwerkende industrie, rassenproef 2014-2015*. Francis Jans, francis.jans@inagro.be, teeltexpert. e-mailverkeer 7 februari 2020
- Inagro.** (2016a) *Winterspinazie voor de verwerkende industrie, rassenproef 2015-2016*. Francis Jans, francis.jans@inagro.be, teeltexpert. e-mailverkeer 7 februari 2020
- Inagro.** (2016b). *Spinazie voor de verwerkende industrie 2015 najaar: cultivaronderzoek*. https://www.inagro.be/DNN_DropZone/Nieuws/2276/TOLALG15SPZRA05najaar.pdf. Geraadpleegd op 17 december 2019.
- Inagro.** (2019). *Spinazie voor de industrie 2018 voorjaar vroeg: cultivaronderzoek*. https://www.inagro.be/DNN_DropZone/Nieuws/5233/rassen%20spinazie%20voorjaar%202018%20TOLA_LG18SPZ_RA01_verslag.pdf. Geraadpleegd op 17 december 2019.

- Inra.** a. *Delia platura* (Meigen). <http://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/6delpla.htm>. Geraadpleegd op 11 december 2019.
- Inra.** b. *Pegomya betae* (Curtis). <http://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/6pegbet.htm>. Geraadpleegd op 11 december 2019.
- iStock** (2018) *Spinazie pictogram*. <https://www.istockphoto.com/nl/illustraties/spinazie?mediatype=illustration&phrase=spinazie&sort=mostpopular>. Geraadpleegd 31 mei 2020.
- Karcauskiene, D., Ciuberkis, S., & Raudonius, S.** (2016). Changes of weed infestation under long-term effect of different soil pH levels and amount of phosphorus:potassium. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 66(8), pp.688-697.
- Kumarpandit, T., Kumarnaik, S., Patra, P., Dey, N., Patra, P., & Das, D.** (2017). Influence of Organic Manure and Lime on Cadmium Mobility in Soil and Uptake by Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(4), pp. 357-369.
- Lawson, H. M., Waister, P. D., & Stephens, R. J.** (1974). Patterns of emergence of several important arable weed species. *British Crop Protection Council Monograph*, Nr. 9, 121-135.
- Le Strange, M., Koike, S., Valencia, J., & Chaney, W.** (2003). *Spinach production in California*. Publication 7212. Vegetable Research and Information Center, Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, Davis. <https://ucanr.edu/repository/fileaccess.cfm?article=54021&p=%20PUIVXP>. Geraadpleegd op 17 december 2019.
- Liang, Z., Ding, Q., Wei, D., Li, J., Chen, S., & Ma, Y.** (2013). Major controlling factors and predictions for cadmium transfer from the soil into spinach plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 93, pp.180-185.
- Lichtenhahn, M., Koller, M., Dierauer, H., & Baumann, D.** (2002). *Biogemüsebau: Unkrautregulierung – termingerecht und schlagkräftig*. 2^{de} editie. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL). <https://shop.fibl.org/chde/1027-gemuese-unkraut.html>. Geraadpleegd op 17 december 2019.
- Lötjönen, T. & Mikkola, H.** (2000). Three mechanical weed control techniques in spring cereals. *Agricultural and Food Science*, 9(4), pp.269-278.
- Lounsbury, N.P., Weil, R.R.** (2015) No-till seeded spinach after winterkilled cover crops in an organic production system. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30(5), pp.473-485.
- McCullough, M., Gallandt, E., Darby, H. & Molloy, T.,** (2019). Band sowing with hoeing in organic grains: I. Comparisons with alternative weed management practices in spring barley. *Weed Science*, 68(3), pp.285-293.
- Montemurro, F., Tittarelli, F., Lopodota, O., Verrastro, V., & Diacono, M.** (2015). Agronomic performance of experimental fertilizers on spinach (*Spinacia oleracea* L.) in organic farming. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 102(2), pp.227-241.
- MV.** (2018). *Bio, geen kwestie van volumedenken*. Landbouwleven. <https://www.landbouwleven.be/art/d-20180328-3LCGCN?referer=%2Farchives%2Fresearch%3Fdatefilter%3Dlast5year%26sort%3Ddate%2520desc%26word%3Dbio%252C%2520geen%2520kwestie%2520van%2520volumedenken>. Geraadpleegd op 4 januari 2020.
- Opendata.cbs.nl.** (2019). *CBS Statline*. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83922NED/table?ts=1574072162750>. Geraadpleegd op 18 november 2019.
- Olsen, J., Griepentrog, H., Nielsen, J. & Weiner, J.** (2012). How Important are Crop Spatial Pattern and Density for Weed Suppression by Spring Wheat?. *Weed Science*, 60(3), pp.501-509.
- Pacini, E.** (1990). *Mercurialis annua* L. (Euphorbiaceae) seed interactions with the ant *Messor structor* (Latr.), hymenoptera: Formicidae. *Acta Botanica Neerlandica*, 39(3), 253–262.
- Pandey, S. (ed.), & Kalloo, G. (ed.)** (1993). *Genetic Improvement of Vegetable Crops*, pp.325-336. Oxford, Pergamon Press.

- Patridge, J.** (2001). *Persicaria amphibia* (L.) Gray (*Polygonum amphibium* L.). *Journal of Ecology*, 89(3), pp.487-501.
- Peruzzi, A., Ginanni, M., Raffaelli, M., & Borelli, M.** (2004) Physical weed control in organic spinach production. *Proceedings of 6th EWRS Symposium on Physical and Cultural Weed Control*, Lillehammer (Noorwegen), 8-10 maart 2004.
- Peruzzi, A., Ginanni, M., Raffaelli, M., & Fontanelli, M.** (2005) Physical weed control in organic spinach in the Serchio Valley, Italy. *Proceedings of 13th EWRS Symposium on Physical and Cultural Weed Control*, Bari (Italië), 19–23 juni 2005.
- Pop Vriend Seeds.** (2019). *Seed catalogue Hybrid Spinach Processing*, North West Europe, Technical specifications. Folder.
- Pop Vriend Seeds.** (2020). *Pop Vriend Spinach – Processing*. <https://www.popvriendseeds.com/Products/Spinach/Processing>. Geraadpleegd 7 februari 2020.
- Rijk Zwaan.** (2018). *Spinach assortment for the processing industry 2018-2019*. Folder.
- Rijk Zwaan.** (2020) *Spinazie | Rijk Zwaan BE*. <https://www.rijkszwaan.be/gewas/spinazie>. Geraadpleegd 7 februari 2020
- Roberts, H.** (1964). Emergence and longevity in cultivated soil of seeds of annual weeds. *Weed Research*, 4(4), pp.296-307.
- Roberts, H.A., & Lockett, P.M.** (1978). Seed dormancy and field emergence in *Solanum nigrum* L. *Weed Research*, 18(4), pp.231–241.
- Roberts, H.A.** (1986). Seed persistence in soil and seasonal emergence in plant species from different habitats. *Journal of Applied Ecology*, 23(2), pp.639-656.
- Salisbury, E. J.** (1961). *Weeds & Aliens. New Naturalist Series*. London, Collins.
- Seaman, A. (ed.)** (2016). *Production Guide for Organic Spinach*. New York State Integrated Pest Management Program, Cornell University (New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY). 50 bladzijden.
- Schenk, M. Heins, B., & Steingrobe, B.** (1991). The significance of root development of spinach and kohlrabi for N fertilization. *Plant and Soil*, 135(2), pp.197-203.
- Schnieders, B.J.** (1999). *A quantitative analysis of inter-specific competition in crops with a row structure*. PhD thesis, Wageningen Universiteit.
- Smedts, K.** Teeltbegeleider. Laarakker Bio, ES Well. e-mailverkeer, 19 december 2019.
- Smith, R.F., Fennimore, S.A., & Le Strange, M.** (2009). *Spinach. Integrated weed management*. <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r732700111.html>. Geraadpleegd op 1 januari 2020.
- Spruijt, J., & van der Voort, M.** (2015) *Kwalitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2015*. 29^e uitgave. Lelystad. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en vollegrondsgroenten.
- Statbel.fgov.be.** (2019). *Land- en tuinbouwbedrijven | Statbel*. <https://statbel.fgov.be/nl/themas/landbouw-visserij/land-en-tuinbouwbedrijven#figures>. Geraadpleegd op 12 november 2019.
- Stoller, E.W., & Wax, L.M.** (1973) Periodicity of Germination and Emergence of Some Annual Weeds. *Weed Science*, 21(6), pp.574-580.
- Swain, D. G.** (1983). Regeneration of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) seedlings. *Weeds Today* 14 (4), 3-4.
- Tei, F., Stagnari, F., & Granier, A.** (2002). Preliminary results on physical weed control in processing spinach. *Proceedings of the 5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, Pisa, Italië. 11-13 maart 2002.

- Unigrow, B.N.D. Internationale telersvereniging, Vegebe, & Ingro.** (2020). *Aandachtspunten bij het telen van groenten*. <http://www.ingrocvba.be/nl/nieuws/021219-brochure-vreemde-voorwerpen>. Geraadpleegd 30 januari 2020.
- van den Brand, W.G.M.** (1985) *Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (Solanum nigrum)*. Verslag nr 35. Lelystad. Proefstation voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond (PAGV).
- van den Brand, W.G.M.** (1987) *Biologie en ecologie van vogelmuur (Stellaria media)*. Verslag nr 69. Lelystad. Proefstation voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond (PAGV).
- van der Meijden, R.** (2005). *Heukels' Flora van Nederland*. 23^{ste} editie. Groningen/Houten. Noordhoff Uitgevers.
- Van Ranst, E., & Sys, C.** (2000). *Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen (Schaal 1:20000)*. Laboratorium voor Bodemkunde, Universiteit Gent.
- Verbeke, P.** (2012). *Beknopt marktoverzicht voor biologische groenten in Vlaanderen en Europa*. Bio forum Vlaanderen. https://www.bioforumvlaanderen.be/sites/default/files/121105MSbiogroentendeel1_0.pdf. Geraadpleegd op 1 december 2019.
- Vercammen, P.** (patricia.vercammen@vbt.eu). Boekhouding en coördinatie marktgegevens. Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties vzw. e-mailverkeer, 21 november 2019.
- Verdure, D.** Teeltbegeleider. Ardo, Ardoeie. Persoonlijk gesprek, 19 november 2019.
- VLM.** (2020) *Normen en richtwaarden 2020 – versie januari 2020 – MAP 6*. Vlaamse Landmaatschappij. https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/mestbank/bemestingsnormen_2020.pdf, Geraadpleegd op 24 maart 2020.
- Weaver, J.E., & Bruner, W.E.** (1927) *Root development of vegetable crops*. 1^{ste} editie. New York, McGraw-Hill Book company, Inc. <https://soilandhealth.org/wp-content/uploads/01aglibrary/010137veg.roots/010137ch10.html>. Geraadpleegd 21 december 2019.
- Weaver, S., & Warwick, S.** (1984). The biology of Canadian weeds. 64. *Datura stramonium* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 64(4), pp.979-991.
- Willer, H., & Lernoud, J.** (Eds.) (2019). *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2019*. Bonn (Duitsland), Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, IFOAM – Organics International.
- Williams, J.** (1963). *Chenopodium Album* L. *The Journal of Ecology*, 51(3), p.711.

7. Bijlage

7.1 Proef 1: Impact van gewasvulkracht

Bijlage 1 Parameters, bijhorende significanties ($p < 0.05$) en determinatiecoëfficiënt (R^2) van de lineaire regressie $y = a \cdot x + b$: opbrengst- en kwaliteitsparameters (verse massa) van de gesneden spinazie in functie van de spinaziestanddichtheid of de spinaziebedekkingsgraad.

Regressie	Ras	a	p_a	b	p_b	R^2
(a) Spinaziebiomassa (g m^{-2}) i.f.v. standdichtheid (pl. m^{-2})	Baboon	20.484	0.0026	2743.103	0.0010	0.6979
	Bufflehead	10.689	0.0179	4011.799	0.0001	0.5240
	Sonoma	29.355	0.0004	626.772	0.1413	0.8113
(b) Spinaziebiomassa (g m^{-2}) i.f.v. bedekkingsgraad (1-4) ¹	Baboon	1470.487	0.0002	514.608	0.4726	0.8446
	Bufflehead	1473.472	0.0009	217.376	0.8254	0.8112
	Sonoma	1405.833	0.0001	38.240	0.9240	0.8687
(c) Verwerkbare spinazie (g m^{-2}) i.f.v. standdichtheid (pl. m^{-2})	Baboon	15.845	0.0045	1806.125	0.0047	0.6565
	Bufflehead	8.588	0.0224	2769.675	0.0004	0.5486
	Sonoma	19.799	0.0029	495.543	0.2059	0.6899
(d) Spinazietarra (g m^{-2}) i.f.v. standdichtheid (pl. m^{-2})	Baboon	3.824	0.0343	993.561	0.0017	0.6251
	Bufflehead	3.950	0.0042	922.682	0.0003	0.7129
	Sonoma	10.741	0.0342	95.567	0.7659	0.4958
(e) Tarrafractie (%) i.f.v. standdichtheid (pl. m^{-2})	Baboon	-0.034	0.5097	33.089	0.0004	0.0562
	Bufflehead	0.015	0.5852	23.711	0.0003	0.0389
	Sonoma	-0.007	0.9686	30.294	0.0504	0.0002
(f) Bladsteelaandeel (%) i.f.v. standdichtheid (pl. m^{-2})	Baboon	0.089	0.0006	21.234	$3.6 \cdot 10^{-6}$	0.7865
	Bufflehead	0.067	0.0017	26.572	$1.53 \cdot 10^{-6}$	0.7291
	Sonoma	0.099	0.0020	9.892	0.0004	0.7156

¹Bedekkingsgraad: score volgens het percentage oppervlakte bedekt door spinazie: 1 = 0-25 %, 2 = 26-50 %, 3 = 51-75% en 4 = 76-100 %.

Bijlage 2 Parameters, bijhorende significanties ($p < 0.05$) en determinatiecoëfficiënt (R^2) van de lineaire regressie $y=a*x+b$: absolute en relatieve verse onkruidbiomassa in functie van de spinaziestanddichtheid, de spinaziebedekkingsgraad of de spinaziebiomassa.

Regressie	Ras	a	p_a	b	p_b	R^2
(a) Onkruidbiomassa ($g\ m^{-2}$) i.f.v. standdichtheid ($pl.\ m^{-2}$)	Baboon	-0.125	0.0397	26.107	0.0028	0.4760
	Bufflehead	-0.069	0.3712	16.931	0.1490	0.1009
	Sonoma	-0.596	0.0322	70.568	0.0041	0.5038
(b) Onkruidbiomassa ($g\ m^{-2}$) i.f.v. bedekkingsgraad (1-4) ¹	Baboon	-7.903	0.0596	35.192	0.0128	0.3755
	Bufflehead	-3.948	0.0266	16.270	0.0138	0.5873
	Sonoma	-21.296	0.0007	63.619	0.0001	0.8708
(c) Onkruidfractie (%) i.f.v. standdichtheid ($pl.\ m^{-2}$)	Baboon	-0.004	0.0475	0.698	0.0065	0.4062
	Bufflehead	-0.0009	0.0064	0.181	0.0016	0.7361
	Sonoma	-0.030	0.0021	3.363	0.0002	0.7616
(d) Onkruidfractie (%) i.f.v. bedekkingsgraad (1-4) ¹	Baboon	-0.278	0.0253	1.116	0.0070	0.4848
	Bufflehead	-0.100	0.0103	0.404	0.0054	0.6935
	Sonoma	-1.343	0.0031	3.816	0.0004	0.7354
(e) Onkruidbiomassa ($g\ m^{-2}$) i.f.v. spinaziebiomassa ($g\ m^{-2}$)	Baboon	-0.006	0.0276	38.829	0.0057	0.4746
	Bufflehead	-0.0001	0.9474	4.370	0.6667	0.0007
	Sonoma	-0.014	0.0005	60.561	0.0001	0.8823
(f) Onkruidfractie (%) i.f.v. spinaziebiomassa ($g\ m^{-2}$)	Baboon	$-1.964 \cdot 10^{-4}$	0.0068	1.250	0.0018	0.6203
	Bufflehead	$-2.512 \cdot 10^{-5}$	0.4490	0.207	0.2630	0.0841
	Sonoma	$-8.713 \cdot 10^{-4}$	0.0005	3.419	0.0001	0.8837

¹Bedekkingsgraad: score volgens het percentage oppervlakte bedekt door spinazie: 1 = 0-25 %, 2 = 26-50 %, 3 = 51-75 % en 4 = 76-100 %.

Bijlage 3 Standdichtheid, opbrengst (verse massa) en kwaliteit (verse massa) van de gesneden spinazie (gemiddelde \pm SE) voor de verschillende rassen (gewashoogte tussen haakjes) voor de deelset van plots met lage zaaidensiteit.

		Baboon	Bufflehead	Sonoma	LSD ²	Anova ³	
		(23 cm)	(25 cm)	(15 cm)		Blok	Ras
Standdichtheid						NS	*
	pl. m ⁻²	96 \pm 14.8	135 \pm 18.9	72 \pm 15.6		-	NS
Spinaziebiomassa¹	g m ⁻²	4 986 \pm 355.3 a	5 663 \pm 316.1 a	2 564 \pm 480.1 b	1290.0	NS	**
Verwerkbare spinaziebiomassa¹	g m ⁻²	3 640 \pm 329.1 a	4 280 \pm 318.5 a	1 755 \pm 354.1 b	972.8	NS	***
Spinazietarra	g m ⁻²	1 346 \pm 116.9	1 383 \pm 128.5	806 \pm 234.5		NS	NS
Tarrafractie	%	27.28 \pm 2.33	24.66 \pm 2.59	31.90 \pm 7.69		NS	NS
Bladsteelaandeel¹	%	30.39 \pm 1.40 a	35.21 \pm 1.81 a	17.09 \pm 1.75 b	4.83	NS	***
Onkruidbiomassa	g m ⁻²	11 \pm 3.6	12 \pm 8.1	45 \pm 20.0		NS	NS
Onkruidfractie¹	%	0.23 \pm 0.09 b	0.20 \pm 0.13 b	1.89 \pm 0.65 a	1.21	NS	*

¹Gemiddeldes in éénzelfde rij met met een gemeenschappelijke letter zijn niet significant verschillend (p < 0.05)

²LSD = Least Significant Difference (p < 0.05)

³NS = niet significant; * = p < 0.05; ** = p < 0.01; *** = p < 0.001