

IMPACT VAN VALS ZAAIBED OP DE ZAADBANK EN VELDOPKOMST VAN KNOPKRUIDEN (*GALINSOGA* SPP.) EN ANDERE ZAADONKRUIDEN OP BIOLOGISCHE GROENTENPERCELEN

Tim De Cuypere

Stamnummer: 01300426

Promotor: Prof. dr. ir. Benny De Cauwer

Tutor: ir. Sander De Ryck

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad Master of Science in de bio-ingenieurswetenschappen: landbouwkunde

Academiejaar: 2017 – 2018

De auteur en de promotor geven de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen ervan 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 te vermelden bij het aanhalen van de resultaten uit deze scriptie.

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

Datum:

Prof. dr. ir. Benny De Cauwer

ir. Sander De Ryck

Tim De Cuypere

WOORD VOORAF

Deze masterproef vormt het sluitstuk van een ambitie die ik reeds jaren voor aanvang van mijn universitaire opleiding koesterde: ooit bio-ingenieur in de landbouwkunde worden. Voor velen is een masterproef slechts een ingebundelde stapel papier, voor mij was dit de grote finale van een jarenlange inspanning om mijn droom te verwezenlijken. Het heeft me het afgelopen jaar mijn volledige toewijding gevergd en bovendien veel slapeloze nachten bezorgd, maar nu kan ik U met enige trots mijn scriptie voorstellen. Dit alles was echter nooit mogelijk geweest zonder de hulp en steun van een aantal mensen die ik hiervoor graag zou bedanken.

In de eerste plaats wil ik graag mijn dankbaarheid uiten aan mijn promotor Prof. dr. ir. Benny De Cauwer en mijn tutor ir. Sander De Ryck. Zij gaven me de kans en het vertrouwen deze masterproef tot een goed einde te brengen. Hun deskundige begeleiding, kritische geest, immer helpende hand en eindeloos enthousiasme voor het vak hebben deze scriptie helpen vormgeven tot wat er vandaag voor U ligt. Hun genuanceerde en wetenschappelijke aanpak heeft mij bovendien inzichten bijgebracht waar ik tijdens mijn verdere carrière zeker zal op terugvallen. Hiervoor mijn oprechte dank. Daarnaast een dankwoord richting ir. Nina Biesemans voor de hulp bij de veldtellingen en het tellen van zo'n 40 000 knopkruidzaden. Graag bedank ik ook dhr. Chris Bekaert, medewerker op de proefhoeve in Melle, voor zijn helpende handen bij het uitgebreide praktische luik van deze thesis.

Ook ir. Lieven Delanote, ir. Karel Dewaele en bij uitbreiding het ganse team van Inagro vzw – Afdeling biologische productie ben ik meer dan één woord van dank verschuldigd. Zij stelden voor mijn onderzoek een aantal van hun fel begeerde proefvelden en hun accommodatie ter beschikking. De hulp van Lowie en Jolien bij de veldtellingen maakten het veldwerk tijdens de warme en droge zomer van 2017 al een heel stuk lichter. Tevens ben ik een speciaal woord van dank verschuldigd aan dhr. Tom Decuyper, bedrijfsleider van het biologisch proefbedrijf van Inagro vzw, voor zijn flexibiliteit en geduld omtrent mijn veeleisendheid bij de praktische uitvoering van de vals zaaibed bewerkingen.

Verder wens ik mijn ouders en grootouders, aan wie ik meer dankwoorden verschuldigd ben dan ik in dit voorwoord kwijt kan, te bedanken. Zonder hen was ik nooit geraakt waar ik nu sta. Hun oneindige steun, hulp, begrip en luisterbereidheid hebben mij de afgelopen jaren steeds de nodige kracht en doorzetting bezorgd. Zij hebben mij alle mogelijke kansen gegeven en waren er altijd van overtuigd dat ik in mijn opzet zou slagen.

Tot slot wil ik ook mijn vrienden en studiegenoten, zonder wie de afgelopen jaren nooit dezelfde waren geweest, bedanken.

Dan rest mij U enkel nog veel leesplezier te wensen.

Tim De Cuypere

Gent, 8 juni 2018

INHOUDSOPGAVE

LIJST VAN AFKORTINGEN	IV
SAMENVATTING	V
1 INLEIDING.....	1
2 LITERATUURSTUDIE	3
2.1 Biologische aspecten van <i>Galinsoga</i> spp.....	3
2.1.1 Systematiek	3
2.1.2 Geografische verspreiding.....	3
2.1.2.1 Oorsprong en algemene verspreiding	3
2.1.2.2 Verspreiding in België	5
2.1.3 Standplaatsfactoren.....	6
2.1.3.1 Bodemeisen.....	6
2.1.3.2 Klimaateisen	6
2.1.4 Morfologisch onderscheid.....	7
2.1.4.1 Jong vegetatief stadium.....	7
2.1.4.2 Generatief stadium	7
2.1.5 Biologie en levenscyclus.....	10
2.1.5.1 Zaadbiologie	10
2.1.5.2 Dormantie.....	11
2.1.5.3 Kieming en opkomst	12
2.1.5.4 Groei en ontwikkeling.....	13
2.1.5.5 Reproductie	14
2.2 Gevalstudie: <i>Galinsoga</i> spp. in biologische groentenpercelen	15
2.2.1 Probleemstelling	15
2.2.2 Invloedsfactoren knopkruiddruk	16
2.2.2.1 Biologische factoren	16
2.2.2.2 Pedohydrologische factoren	16
2.2.2.3 Cultuurtechnische factoren.....	17
2.2.3 Impact en schadelijkheid.....	20
2.2.4 Bestrijding.....	20
2.2.4.1 Preventieve bestrijding.....	21
2.2.4.1.1 Vals zaaibed	21
2.2.4.1.1.1 Voor- en nadelen	21
2.2.4.1.1.2 Succesfactoren.....	22
2.2.4.1.2 Overige methoden	27
2.2.4.2 Curatieve bestrijding.....	28
2.2.4.2.1 Mechanische bestrijding.....	28
2.2.4.2.2 Thermische bestrijding.....	30
3 MATERIAAL EN METHODEN	32
3.1 Materiaal.....	32
3.1.1 Bodemeigenschappen en perceelshistoriek proefpercelen	32

3.2 Methode	33
3.2.1 Experiment 1: vals zaaibed proef in wortelruggen	33
3.2.1.1 Doelstelling	33
3.2.1.2 Proefopzet	34
3.2.1.3 Gebruikte werktuigen	38
3.2.1.4 Weergegevens	39
3.2.1.5 Zaadbankanalyse	39
3.2.1.6 Statistische verwerking	43
3.2.2 Experiment 2: invloed van techniek en diepte-instelling op zaadbankdepletie en veldopkomst	45
3.2.2.1 Doelstelling	45
3.2.2.2 Proefopzet	45
3.2.2.3 Gebruikte werktuigen	48
3.2.2.4 Weergegevens	49
3.2.2.5 Bodemvochtmetingen	50
3.2.2.6 Zaadbankanalyse	51
3.2.2.7 Statistische verwerking	52
3.2.3 Experiment 3: invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en veldopkomst	53
3.2.3.1 Doelstelling	53
3.2.3.2 Proefopzet	53
3.2.3.3 Gebruikte werktuigen	56
3.2.3.4 Weergegevens	56
3.2.3.5 Zaadbankanalyse	57
3.2.3.6 Statistische verwerking	57
3.2.4 Experiment 4: diepte-opkomst proef	58
3.2.4.1 Doelstelling	58
3.2.4.2 Populaties	58
3.2.4.3 Gebruikt kiemsubstraat	59
3.2.4.4 Proefopzet	60
3.2.4.5 Statistische verwerking	61
 4 RESULTATEN EN DISCUSSIE	 63
4.1 Resultaten	63
4.1.1 Experiment 1: vals zaaibed proef in wortelruggen	63
4.1.1.1 Karakterisatie van de initiële zaadbank	63
4.1.1.2 Evolutie van de veldbezetting in de tijd	63
4.1.1.2.1 <i>Galinsoga</i> veldbezetting	63
4.1.1.2.2 Totale veldbezetting van zaadonkruiden	65
4.1.1.3 Gewasopkomst	66
4.1.1.4 Invloed van vals zaaibed behandelingen op de oppervlakkige zaadbank	67
4.1.2 Experiment 2: invloed van techniek en diepte-instelling op zaadbankdepletie en veldopkomst	68
4.1.2.1 Karakterisatie van de initiële zaadbank	68
4.1.2.2 Evolutie van de veldbezetting in de tijd	68
4.1.2.2.1 <i>Galinsoga</i> veldbezetting	68
4.1.2.2.2 Totale veldbezetting van zaadonkruiden	71
4.1.2.3 Bulkdensiteit, gravimetrisch en volumetrisch bodemvochtgehalte	73
4.1.2.4 Invloed van vals zaaibed behandelingen op de oppervlakkige zaadbank	74
4.1.3 Experiment 3: invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en veldopkomst	76
4.1.3.1 Karakterisatie van de initiële zaadbank	76
4.1.3.2 Evolutie van de veldbezetting in de tijd	76
4.1.3.2.1 <i>Galinsoga</i> veldbezetting	76
4.1.3.2.2 Totale veldbezetting van zaadonkruiden	79

4.1.3.3 Invloed van vals zaaibed behandelingen op de oppervlakkige zaadbank	81
4.1.4 Experiment 4: diepte-opkomst proef	83
4.1.4.1 Maximale opkomstdiepte	83
4.1.4.2 Differentieel diepte-opkomst gedrag tussen <i>Galinsoga</i> spp.	85
4.1.4.3 Invloed van begraafdiepte en bodemtextuur op <i>Galinsoga</i> opkomst	85
4.1.4.4 Invloed van bodemtextuur op opkomst van <i>G. quadriradiata</i> en <i>G. parviflora</i>	86
4.2 Discussie	87
4.2.1 Experiment 1: vals zaaibed proef in wortelruggen.....	87
4.2.2 Experiment 2: invloed van techniek en diepte-instelling op zaadbankdepletie en veldopkomst	89
4.2.3 Experiment 3: invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en veldopkomst	92
4.2.4 Experiment 4: diepte-opkomst proef	94
4.2.5 Aanbevelingen voor verder onderzoek.....	96
5 BESLUIT	97
5.1 Experiment 1: vals zaaibed proef in wortelruggen	97
5.2 Experiment 2: invloed van techniek en diepte-instelling op zaadbankdepletie en veldopkomst	98
5.3 Experiment 3: invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en veldopkomst	100
5.4 Experiment 4: diepte-opkomst proef.....	101
5.5 Aanbevelingen voor optimalisatie van vals zaaibed systemen m.b.t. preventieve <i>Galinsoga</i> bestrijding.....	103
6 REFERENTIES	105
7 BIJLAGE.....	112

Lijst van afkortingen

ANOVA	analysis of variance (variantieanalyse)
BP	bestrijdingspercentage
C	koolstof
DKG	duizendkorrelgewicht
DS	droge stof
EC	electrical conductivity (elektrische geleidbaarheid)
EPPO	European and Mediterranean Plant Protection Organization
Fisher's LSD test	Fisher's Least Significant Difference test
GASCI	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav. (harig knopkruid) (EPPO-code)
GASPA	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. (kaal knopkruid) (EPPO-code)
H.	hypothese
NPK	stikstof-fosfor-kalium
NS	niet significant
OC	organische koolstof
OS	organische stof
OV	onderzoeksvraag
POAAN	<i>Poa annua</i> L. (straatgras) (EPPO-code)
RV	relatieve vochtigheid
SE	standard error (standaardfout)
spp.	species pluralis (soorten)
subsp.	subspecies (ondersoort)
T	(veld)telling
Temp.	temperatuur
Tukey's HSD test	Tukey's Honest Significant Difference test

Samenvatting

Knopkruid (*Galinsoga*) is een onkruid dat veelvuldig voorkomt in de gangbare en biologische akker- en tuinbouw en daar zeer hoge dichtheden kan bereiken (Riemens *et al.*, 2011). Deze soort wordt in het bijzonder in de biologische groententeelt als een probleem ervaren. *Galinsoga* spp. zijn niet alleen abundant aanwezig op tal van biologische groentenpercelen, maar ook lastig curatief te bestrijden door mechanische technieken. Ze ontwortelen immers moeilijk en bovendien kunnen de afgesneden stengeldelen via adventieve wortelvorming herinwortelen onder vochtige bodemcondities (Damalas, 2008). Preventie is dan ook het sleutelwoord in een succesvolle beheersing van deze soort. Hierbij zijn het beperken van de veldopkomst tijdens de teelt en/of het reduceren van de voorraad levende zaden in de bodem (ook wel de zaadbank genoemd) primordiaal. Deze streefdoelen kunnen beiden gerealiseerd worden a.d.h.v. een vals zaaibed. Tot nu toe werd er nauwelijks onderzoek verricht naar efficiënte vals zaaibed strategieën specifiek voor deze soort. Deze scriptie vergelijkt de impact van verschillende vals zaaibed systemen op de *Galinsoga* zaadbank in de 0-5 cm toplaag en de veldopkomst na afloop van het vals zaaibed. Daarnaast wordt eveneens de impact op het totaal van zaadonkruiden geanalyseerd. Daarenboven wordt op basis van een diepte-opkomst proef de invloed van de begraafdiepte van *Galinsoga* zaden op de opkomst onderzocht bij 40 verschillende populaties, en dit in twee bodemtexturen (zand en zandleem). Kennis omtrent de maximale opkomstdiepte van een onkruidsoort is immers cruciaal m.b.t. het optimaliseren van de diepte-instelling van mechanische werktuigen ingezet in het vals zaaibed.

In een eerste vals zaaibed proef, voorafgaand aan een ruggenteelt met wortelen (*Daucus carota* L.), werd zowel het effect van rolschoffelen (bodemverstorend tot 1 cm diep) als branden (niet bodemverstorend) geëvalueerd. Vijf weken na afloop van het vals zaaibed was, voor beide technieken, de veldbezetting van zowel *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden in het gewas significant lager (> 50%) t.o.v. van een controle zonder voorafgaand vals zaaibed. Echter, zowel de bewerkingsfrequentie (twee- of viermaal rolschoffelen of branden gedurende de vals zaaibed periode), de intensiteit van de mechanische bewerkingen (tweemaal rolschoffelen tijdens hetzelfde bewerkingsmoment, op dezelfde diepte en in tegengestelde rijrichting) als het alterneren van de mechanische en thermische techniek tijdens het vals zaaibed, leidde niet tot significante verschillen in de finale *Galinsoga* en totale veldbezetting in het gewas. Bovendien werd na afloop van het vals zaaibed bij geen enkele strategie een reductie van de oppervlakkige zaadbank (0-5 cm) aangetoond, en dit zowel voor *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden.

Uit twee andere veldproeven (vals zaaibed gevolgd door braak) werd duidelijk dat vals zaaibed systemen zonder bodemverstoring (branden) of met een minimale bodemverstoring (rolschoffelen of wiedegeen op 1-2 cm) algemeen resulteren in een lagere zaadbankuitputting van zowel *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden in de 0-5 cm toplaag, t.o.v. systemen met diepere mechanische bewerkingen (3-4 cm). Een maand na afloop van de vals zaaibed periode was de *Galinsoga* en totale veldbezetting eveneens algemeen lager na niet bodemverstorende of oppervlakkige bewerkingen dan na diepere mechanische bewerkingen. De zaadbankdepletie in de 0-5 cm toplaag had bijgevolg weinig tot geen voorspellende waarde m.b.t. de te verwachten veldopkomst na afloop van het vals zaaibed.

Bij de diepte-opkomst proef werd stevast een optimale kieming/opkomst vastgesteld bij niet begraven zaden (0 mm). Hieruit blijkt een sterke lichtafhankelijkheid voor kieming van *Galinsoga*. Vanaf een begraafdiepte van 2 mm nam de opkomst exponentieel af. De maximale opkomstdiepte was echter sterk populatie-afhankelijk en varieerde van 2 tot 16 mm. Kaal knopkruid (*Galinsoga parviflora* Cav.) kiemde preferentieel nog oppervlakkiger dan harig knopkruid (*Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav.). Op een begraafdiepte van 2 en 4 mm werd daarenboven een significant hogere *Galinsoga* opkomst (resp. 2.1x en 1.7x hoger) gevonden in de zandbodem t.o.v. de zandleembodem.

Op basis van de verworven inzichten wordt duidelijk dat 'de ideale vals zaaibed strategie' uiteindelijk afhankelijk is van de intentie van het vals zaaibed. Indien, met het oog op de lange termijn, een intensieve zaadbankdepletie wordt nagestreefd, is het interessant om de vals zaaibed bewerkingen mechanisch uit te voeren (vb. rolschoffelen) op een diepte van 3-4 cm. Na het aanhouden van deze schoffeldiepte werden immers significante depleties van de *Galinsoga* en totale zaadbank in de 0-5 cm toplaag (variërend van 30% tot 61%) vastgesteld. Deze diepere bewerkingen resulteerden bovendien in een algemeen hoger bestrijdingspercentage van de *Galinsoga* zaailingen in het vals zaaibed, maar gingen eveneens gepaard met het telkens opnieuw in kiempositie brengen van dieper gelegen zaden, resulterend in een finaal hogere veldbezetting dan na ondiepere bewerkingen op 1-2 cm. Indien, met het oog op de korte termijn, een minimale veldopkomst na afloop van het vals zaaibed wordt nagestreefd (vb. bij een vals zaaibed voorafgaand aan een weinig competitief groentengewas), is het daarentegen aangeraden om de bewerkingen niet bodemversturend (vb. branden) of zeer oppervlakkig (vb. rolschoffelen op een diepte van 1 cm) uit te voeren en zo de zaden in kiempositie systematisch uit te putten. Gerelateerd aan de diepte-opkomst proef wordt de laatste bewerking, voorafgaand aan de installatie van het gewas, best uitgevoerd in de 0-16 mm laag om het aantal *Galinsoga* zaden in kiempositie na het vals zaaibed te minimaliseren.

1 Inleiding

Galinsoga spp. (knopkruiden) zijn hardnekkige éénjarige dicotyle onkruiden die tal van biologische groententelers zorgen baren. Uit een rondvraag van het Interprovinciaal Proefcentrum voor de Biologische Teelt (2010) blijkt dat 47% van de Vlaamse biologische groententelers en akkerbouwers de knopkruiddruk op hun percelen jaarlijks ziet toenemen (PCBT, 2010). Afhankelijk van verschillende biologische, pedohydrologische en cultuurtechnische invloedsfactoren kunnen *Galinsoga* spp. op korte termijn, bij het uitblijven van een succesvolle bestrijding, leiden tot een felle zaadbanksaanrijking en zo de productiviteit en rendabiliteit van het bedrijf hypothekeren. De aanwezigheid van *Galinsoga* kan immers opbrengstverliezen induceren tot 50% (Warwick & Sweet, 1983; Damalas, 2008; Kabuce & Priede, 2010) en bovendien de oogst belemmeren en bevuilen. De problemen blijken het meest uitgesproken in weinig competitieve teelten (cfr. laaggroeiende (groenten)gewassen met een open bladerdek) die laat in het voorjaar worden geïnstalleerd.

Maar ook in sommige gangbare teeltsystemen nemen de problemen met *Galinsoga* toe. Excessieve toepassingen van herbiciden worden wettelijk en maatschappelijk niet meer getolereerd omwille van een toenemende bezorgdheid omtrent potentiële milieu- en gezondheidseffecten. De strenge Europese eco-toxicologische eisen leidden de afgelopen jaren tot een diepgaande afslanking van het palet aan erkende actieve stoffen (Hillocks, 2012), een trend waarvan de impact zich eerst laat voelen in de kleine (groenten)teelten (*minor crops*) (Hoek & van der Weide, 2007; Riemens & van der Weide, 2008; De Cauwer *et al.*, 2013). Op dit moment is *Integrated Pest Management* (IPM), waarbij de combinatie van preventie, monitoring en interventie centraal staat (Barzman *et al.*, 2015), ook in de gangbare teelten de nieuwe regel.

Binnen de geïntegreerde onkruidbestrijding is het reduceren van de oppervlakkige zaadbank een cruciale preventieve maatregel. Hierbij is een betekenisvolle rol weggelegd voor het vals zaaibed, een techniek waarbij niet dormante onkruidzaden die zich in een ideale kiempositie bevinden, geëlimineerd worden alvorens het gewas wordt geïnstalleerd (Boyd *et al.*, 2006). Momenteel ontbreekt echter gefundeerd onderzoek omtrent de impact van verschillende vals zaaibed systemen op de zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. (en andere zaadonkruiden), het onderwerp van de voorliggende masterscriptie.

In de literatuurstudie worden vooreerst enkele belangrijke biologische aspecten van *Galinsoga* spp. (systematiek, geografische verspreiding, bodem- en klimaateisen, morfologisch onderscheid) uiteengezet, alsook wordt er dieper ingegaan op de biologie en levenscyclus (zaadbiologie, dormantie, kieming en opkomst, groei, ontwikkeling en reproductie) van deze soorten. Daarna wordt er gefocust op de biologische, pedohydrologische en cultuurtechnische factoren die de knopkruiddruk kunnen beïnvloeden en wordt er bovendien aandacht besteed aan de schadelijkheid van *Galinsoga* spp. in verschillende groententeelten. Ten slotte worden verschillende preventieve en curatieve technieken aangehaald welke de knopkruiddruk kunnen reduceren. Belangrijke aandacht gaat hierbij uit naar de voordelen, nadelen en succesfactoren van een vals zaaibed.

In het praktische onderzoeksluik van deze masterscriptie wordt vooreerst, a.d.h.v. een veldproef, de impact nagegaan van bodemverstorende (mechanische) en niet bodemverstorende (thermische) vals zaaibed technieken op de oppervlakkige zaadbankdepletie (0-5 cm) en veldbezetting van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in een ruggenteelt met wortelen. Daarenboven wordt de invloed onderzocht van: de bewerkingsfrequentie (aantal bewerkingsmomenten gedurende de vals zaaibed periode), de intensiteit van de mechanische bewerkingen (één- of tweemaal bewerken tijdens hetzelfde bewerkingsmoment, op dezelfde diepte en in tegengestelde rijrichting) en het alternerend inzetten van de mechanische en thermische techniek.

In twee andere veldproeven (vals zaaibed gevolgd door braak) wordt vervolgens de impact van branden en twee mechanische bewerkingstechnieken (rolschoffelen en wiedeggen) geëvalueerd naar oppervlakkige zaadbankdepletie (0-5 cm) en veldbezetting van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na de vals zaaibed periode. Eveneens wordt de effectiviteit van de *Galinsoga* bestrijding in het vals zaaibed beoordeeld voor de toegepaste technieken. Bij de mechanische bewerkingen gaat specifieke aandacht uit naar de bewerkingsdiepte en -intensiteit (één- of tweemaal bewerken tijdens hetzelfde bewerkingsmoment, op dezelfde diepte en in dezelfde rijrichting).

Tot slot worden van 40 *Galinsoga*-populaties de diepte-opkomst relaties onderzocht door hun zaden op vijf verschillende dieptes (0, 2, 4, 8 en 16 mm) te begraven in zowel een zand- als zandleembodem. Kennis omtrent de invloed van de begraafdiepte (vb. maximale opkomstdiepte) en de bodemtextuur op de *Galinsoga* opkomst is immers primordiaal om de bewerkingsdiepte in het vals zaaibed en zo ook de effectiviteit van de vals zaaibed techniek te optimaliseren.

Finaal worden aanbevelingen geformuleerd omtrent de optimalisatie van vals zaaibed systemen m.b.t. preventieve *Galinsoga* bestrijding.

2 Literatuurstudie

2.1 Biologische aspecten van *Galinsoga* spp.

2.1.1 Systematiek

Galinsoga spp. (knopkruiden) zijn éénjarige dicotyle onkruiden behorend tot het geslacht *Galinsoga*¹ (knopkruid) uit de *Asteraceae* (composietenfamilie). Enerzijds bestaat het geslacht uit *Galinsoga parviflora* Cav. (kaal knopkruid), in het Engels tevens bekend als *small flowered Galinsoga* of *gallant soldier* en in het Frans als *Galinsoga à petites fleurs*. Anderzijds is er *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. (harig knopkruid). In het Engels wordt *G. quadriradiata* ook wel *hairy Galinsoga* genoemd, terwijl er in het Frans vaak sprake is van *Galinsoga cilié* en in het Duits van *Behaartes Franzosenkraut* (Warwick & Sweet, 1983; Kabuce & Priede, 2010)². In sommige flora's en publicaties wordt bovendien *Galinsoga ciliata* (Raf.) S.F. Blake vermeld. Dit kan echter als een synoniem beschouwd worden voor *G. quadriradiata*, waarbij de laatste benaming de voorkeur krijgt (Kabuce & Priede, 2010). Tabel 1 geeft de taxonomische classificatie van beide *Galinsoga* spp.

Tabel 1: Taxonomische classificatie van *G. parviflora* en *G. quadriradiata* (van der Meijden, 2005).

Domein	Eukaryota (eukaryoten)
Rijk	Plantae (planten)
Stam	Embryophyta (landplanten)
Klasse	Spermatopsida (zaadplanten)
Clade	Campanuliden - bedektzadigen - 'nieuwe' tweezaadlobbigen
Orde	Asterales
Familie	<i>Asteraceae</i> (composietenfamilie)
Geslacht	<i>Galinsoga</i> Ruiz & Pav. (knopkruid)
Soort	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. (kaal knopkruid) <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav. (harig knopkruid)

2.1.2 Geografische verspreiding

2.1.2.1 Oorsprong en algemene verspreiding

Het oorsprongsgebied van *Galinsoga* spp. ligt in Zuid-Amerika, hoogstwaarschijnlijk in Peru (Ivany & Sweet, 1973; Damalas, 2008; Riemens & van der Weide, 2008). Heden komen ze quasi wereldwijd voor in landbouwgebieden en verstoorte habitats. *Galinsoga* spp. treft men o.a. aan in Noord- en Zuid-Amerika, Europa, Azië, Afrika, Australië en andere gematigde en subtropische regio's (Canne, 1977; Rai & Tripathi, 1983; Warwick & Sweet, 1983; Riemens & van der Weide, 2008). Onder andere de geringe kiemvereisten, een korte levenscyclus met snelle zaadontwikkeling en -afrijping, meerdere levenscycli per groeiseizoen (Rai & Tripathi, 1983; Warwick & Sweet, 1983) en de persistentie van zaden in de bodem (Espinosa-García *et al.*, 2003) werken de snelle verspreiding van *Galinsoga* in de hand [zie 2.1.5 Biologie en levenscyclus]. Echter, *G. quadriradiata* lijkt minder frequent voor te komen in Afrika en Azië dan *G. parviflora* (Warwick & Sweet, 1983).

Galinsoga parviflora werd op het eind van de 18^e eeuw in Europa geïntroduceerd en verspreidde zich in het begin van de 19^e eeuw oostwaarts in overeenstemming met de bewegingen van Napoleons leger (Damalas, 2008). Vandaar ook de naam '*French soldier*' die in de volksmond eveneens aan deze soort wordt meegegeven (Damalas, 2008). De wereldwijde verspreiding van *G. parviflora* is hoofdzakelijk te

¹ *Galinsoga* werd in 1794 voor het eerst als geslacht beschreven door Ruiz & Pavón (Kabuce & Priede, 2010). De geslachtsnaam is afkomstig van de Spaanse botanicus Ignacio Mariano Martínez de Galinsoga (1756-1797), gewezen toezichhouder van de koninklijke botanische tuinen van Madrid (Real Jardín Botánico de Madrid) (Damalas, 2008).

² *Galinsoga parviflora* werd in 1795 door Cavanilles beschreven en *G. quadriradiata* door Ruiz & Pavón in 1798 (Kabuce & Priede, 2010).

verklaren door menselijke activiteiten, zoals de wereldwijde commerciële handel in zaad- en plantgoed en andere landbouwproducten (Vibrans, 1999; Damalas, 2008). Dit wordt nog versterkt door de toenemende wereldbevolking en intensifiëring van de landbouw. Zo werd deze soort in Griekenland voor het eerst als probleemkruid beschouwd in een aardappelveld in 1976. Het is aannemelijk dat de zaden hierbij geïntroduceerd werden via het pootgoed (Damalas, 2008). *Galinsoga parviflora* wordt algemeen beschouwd als een soort die zich razendsnel verspreidt (Weber & Gut, 2005; Damalas, 2008).

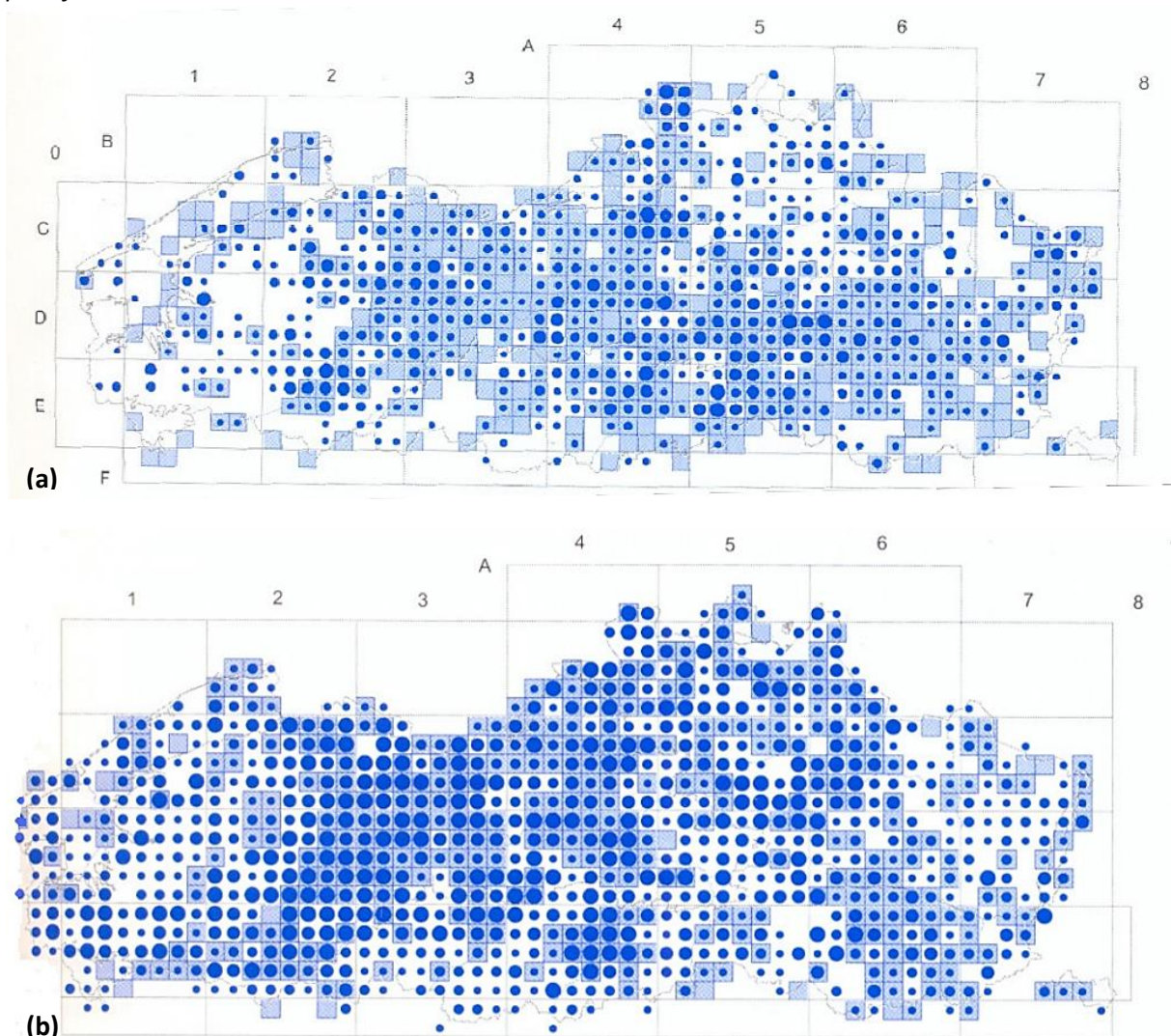
Galinsoga quadriradiata werd in de Verenigde Staten (Philadelphia) voor het eerst waargenomen in 1836 (Warwick & Sweet, 1983). In 1893 werden de eerste vaststellingen gerapporteerd in het oosten van Canada (Montreal). Momenteel is *G. quadriradiata* één van de meest abundante onkruiden in Noord-Amerika (Kabuce & Priede, 2010). In Europa werd deze soort op het eind van de 18^e eeuw geïntroduceerd vanuit Peru in de *Kew Gardens* in het Verenigd Koninkrijk (Kabuce & Priede, 2010). Vanaf 1846 was *G. quadriradiata* aanwezig in botanische tuinen over heel Europa. In tegenstelling tot *G. parviflora* verspreidde *G. quadriradiata* zich niet zo vlot (Kabuce & Priede, 2010). In Duitsland (Hamburg) werd deze soort voor het eerst in het wild beschreven in 1892 (Reinhardt *et al.*, 2003). Co-import van knopkruidzaden bij de handel in koffiebonen ligt mogelijk aan de basis van de introductie in Duitsland (Reinhardt *et al.*, 2003). Ook Kabuce & Priede (2010) halen aan dat de verspreiding van *G. quadriradiata* hoogstwaarschijnlijk plaatsvond via transport van grond, granen en andere landbouwproducten of zaden aanwezig op of aan transportmiddelen. In 1925 werd *G. quadriradiata* voor het eerst beschreven in Nederland (Kabuce & Priede, 2010). In Noord-Europa werd de aanwezigheid voor het eerst gerapporteerd in Noorwegen (1900) en vervolgens in Zweden (1926), Denemarken (1927) en Finland (1928) (Kabuce & Priede, 2010).

De verspreiding van *Galinsoga* op grote afstand wordt hoofdzakelijk gerealiseerd door menselijke activiteiten, terwijl een lokale verspreiding van de kleine, lichte zaden [zie 2.1.4 Morfologisch onderscheid] gebeurt via de wind, dieren (vb. vasthaken van zaden in de pels) en mensen (vb. vasthaken van zaden aan kleding) (Warwick & Sweet, 1983; Vibrans, 1999; Reinhardt *et al.*, 2003; Damalas, 2008).

2.1.2.2 Verspreiding in België

Volgens Van Landuyt *et al.* (2006) werd de aanwezigheid van *G. parviflora* en *G. quadriradiata* in België voor het eerst vastgesteld in resp. 1885 en 1929. Heden komen beide soorten algemeen voor op Belgisch grondgebied. De grootste densiteit aan *G. parviflora* in Vlaanderen wordt toegeschreven aan de Zand- en Zandleemstreek, gevolgd door de Kempen en de Leemstreek (Van Landuyt *et al.*, 2006). In de Duinen en de Polders is deze soort minder abundant aanwezig (Figuur 1). Ten zuiden van Samber en Maas is *G. parviflora* zeldzaam.

Ondanks zijn latere introductie (44 jaar later dan *G. parviflora*) is *G. quadriradiata* momenteel het meest verspreide en aanwezige *Galinsoga* species in België (Van Landuyt *et al.*, 2006). Onder meer in de Zand- en Zandleemstreek komt *G. quadriradiata* met hoge frequentie voor (Figuur 1). Ook in Wallonië is de soort vrij algemeen aanwezig. Vermoedelijk was *G. quadriradiata* reeds voor 1929 aanwezig op Belgische bodem, maar werd de soort echter over het hoofd gezien of verward met *G. parviflora*.



Figuur 1: Aanwezigheid van (a) *G. parviflora* en (b) *G. quadriradiata* in Vlaanderen tijdens twee karterperiodes: 1939-1971 (vierkanten) en 1972-2004 (gevulde cirkels waarvan de grootte evenredig is met het aantal kilometerhokken binnen een gebied van 4 x 4 km² waarin resp. *G. parviflora* en *G. quadriradiata* werden aangetroffen) (Van Landuyt *et al.*, 2006).

2.1.3 Standplaatsfactoren

2.1.3.1 Bodemeisen

Uit de literatuur volgt dat zowel de bodemtextuur, het bodemvochtgehalte en de nutriëntenstatus de kieming, groei en reproductie van *Galinsoga* beïnvloeden (Warwick & Sweet, 1983).

Uit serreproeven van Rai & Tripathi (1983) bleek het opkomstpercentage van *G. parviflora* significant te stijgen bij een stijgend percentage aan zand in de bodem: van 20-50% in een kleiige leembodem (34% klei, 20% leem en 46% zand) tot 20-90% in een zandige leembodem (18% klei, 10% leem en 72% zand). Grotere bodemporiën bij een stijgend percentage aan zand resulteren immers in een betere lichtpenetratie en bodembeluchting, wat de kieming bevordert [zie 2.1.5.3 Kieming en opkomst]. *Galinsoga quadriradiata* vertoonde een gelijkaardige trend, hoewel de verschillen niet statistisch significant waren. De gemiddelde totale plantbiomassa van beide *Galinsoga* spp. was bovendien algemeen hoger in de zandige leembodem t.o.v. de kleiige leembodem (verschillen NS). De bodemtextuur had daarenboven een effect op de reproductiecapaciteit. Zo werd een significant hogere zaadproductie per plant waargenomen bij *G. parviflora*, groeiend in de zandige leembodem t.o.v. in de kleiige leembodem en bij een dagelijkse watergift (voldoende om een continu vochtig bodemoppervlak te verzekeren) (Rai & Tripathi, 1983).

Droogtestress reduceerde, onafhankelijk van de bodemtextuur, de kieming en opkomst van beide *Galinsoga* spp. (significante reductie bij *G. quadriradiata* in de kleiige leembodem) (Rai & Tripathi, 1983). Planten die zich ontwikkelden zonder droogtestress waren bovendien groter en bereikten eerder het generatief stadium [zie 2.2.2.2 Pedohydrologische factoren - Waterstatus]. Volgens Rai & Tripathi (1983) bestond er daarenboven een negatieve correlatie tussen de voortplantingscapaciteit en de graad van droogtestress.

Galinsoga gedijt het best op voedselrijke bodems (Warwick & Sweet, 1983). Een analyse omtrent het effect van de nutriëntenstatus op de groei en reproductie wordt weergegeven in sectie 2.2.2.2 Pedohydrologische factoren - Bodemkwaliteit.

2.1.3.2 Klimaateisen

Galinsoga floreert zeer goed in open plaatsen met weinig lichtconcurrentie en wordt wereldwijd in de gematigde en subtropische regio's gerapporteerd op gecultiveerde land- en tuinbouwpercelen en in verstoorde habitats (o.a. wegbermen, rivier- en beekkanten, moestuinen en bloemenperken) (Warwick & Sweet, 1983; Hoek & van der Weide, 2007; Damalas, 2008). In zeer warme en drogere gebieden vormt *Galinsoga* weinig tot geen problemen (Ivany, 1975; Warwick & Sweet, 1983).

Galinsoga quadriradiata en *G. parviflora* komen voor tot op een hoogte van resp. 3270 m (Canne, 1977; Warwick & Sweet, 1983) en 3600 m (Riemens & van der Weide, 2008). In - 2.1.5.3 Kieming en opkomst - wordt dieper ingegaan op de temperatuurranges waarbinnen *Galinsoga* spp. kunnen kiemen. *Galinsoga* spp. zijn dagneutraal m.b.t. de bloei, maar ontwikkelen algemeen een grotere biomassa onder lange dag omstandigheden (Ivany & Sweet, 1973; Karlsson *et al.*, 2008). Tijdens het najaar sterven de planten af bij de eerste (nacht)vorst (Warwick & Sweet, 1983).

Shontz & Shontz (1972) onderzochten via een serreproef onder gecontroleerde omstandigheden de morfologische en fysiologische verschillen tussen twee *G. quadriradiata* populaties, verzameld in twee uiteenlopende groeiomgevingen in het noordoosten van de V.S. (Massachusetts - 42°N). De ene populatie was afkomstig uit een serre, de andere populatie van een stikstofrijk akkerperceel in openlucht. Vergeleken met de serre-populatie was de akkerland-populatie na vier weken (beiden groeiend onder natuurlijke fotoperiode en identieke omgevingsomstandigheden) gemiddeld 2.5 cm groter als gevolg van langere internodiën (geen verschil in aantal internodiën). Bovendien werd de

akkerland-populatie gekenmerkt door zwaardere zaden (duizendkorrelgewicht: 233 ± 26 mg) dan de serre-populatie (duizendkorrelgewicht: 197 ± 42 mg). De akkerland-populatie vertoonde wel een geringere groei in schaduwomstandigheden. Er werd geschat dat de verschillen tussen deze twee populaties zich in een tijdspanne van zo'n 70 jaar voltrokken hebben (Shontz & Shontz, 1972).

2.1.4 Morfologisch onderscheid

Galinsoga quadriradiata en *G. parviflora* zijn, zeker in het jong vegetatief stadium, morfologisch moeilijk van elkaar te onderscheiden. Daarenboven zijn tal van onderscheidende kenmerken in het geslacht *Galinsoga* zeer variabel (Tabel 2), zowel binnen als tussen populaties, wat een onderscheid op basis van morfologische kenmerken extra bemoeilijkt (Damalas, 2008).

2.1.4.1 Jong vegetatief stadium

Het blad van *G. quadriradiata* is doorgaans breder (bijna even breed als lang), iets lichter van kleur en dieper gekarteld vergeleken met het blad van *G. parviflora* dat smaller (eerder ovaal tot lancetvormig), wat donkerder en minder diep gekarteld is (Warwick & Sweet, 1983) (Figuur 2a). De zijtakken zijn dicht en afstaand wit behaard bij *G. quadriradiata*, maar licht (aangedrukt) behaard bij *G. parviflora* (Warwick & Sweet, 1983) (Figuur 2b). *Galinsoga quadriradiata* is meestal kleiner (20-45 cm) dan *G. parviflora* die een hoogte kan bereiken tot 60 cm (van der Meijden, 2005).

2.1.4.2 Generatief stadium

Onder buitenomstandigheden start de bloei (generatief stadium) 41-60 dagen na opkomst, gewoonlijk in het 6^e knoopstadium bij *G. quadriradiata* en in het 7^e knoopstadium bij *G. parviflora* (Ivany & Sweet, 1973). De bloemstructuur (bloemhoofdje) (Figuur 2c) is opgebouwd uit witte lintbloemen (straalbloemen) (gewoonlijk 5, maar kan bij *G. parviflora* variëren van 3 tot 8) en gele buisbloemen (schijfbloemen) (15-65 bij *G. quadriradiata* en 8-50 bij *G. parviflora*). De bloemhoofdjes van *G. quadriradiata* zijn zo'n 3.0-8.0 mm lang en 2.1-10.0 mm breed, die van *G. parviflora* hebben een lengte van 3.5-5.0 mm en een breedte van 2.0-6.0 mm (Warwick & Sweet, 1983). Bij *G. quadriradiata* zijn de stroschubben³ ongedeeld, terwijl deze bij *G. parviflora* 3-lobbig tot 3-spletig zijn (van der Meijden, 2005). De pappuschubben van de buisbloemen zijn ten dele genaald bij *G. quadriradiata* en niet genaald bij *G. parviflora*. (Tabel 2)

Aangezien beide *Galinsoga* spp. weinig tot niet verschillen in bodem- en klimaateisen, tijdstip van pollenvrijstelling en ontvankelijkheid van de stigma's, is het mogelijk dat er natuurlijke hybridisatie plaatsvindt tussen beide soorten. Hierbij wordt door kruising tussen *G. parviflora* (diploïd met $2n = 16$) en *G. quadriradiata* (tetraploïd met $2n = 32$) een natuurlijk triploïde F1 hybride ($3n = 24$) gevormd dat evenwel geen fertiele pollen produceert. De vrouwelijke bloemstructuren van deze triploïde F1 hybride zijn echter wel fertiel en ontvankelijk voor pollen van een *G. parviflora* populatie, waardoor er introgressie⁴, met als resultaat een diploïde plant ($2n = 16$), mogelijk is (Gopinathan & Babu, 1982). Zo kan een triploïde F1 hybride optreden als genenbrug tussen verschillende soorten. De uitwisseling van genetisch materiaal tussen deze soorten kan aanleiding geven tot zeer agressieve onkruid-biotypes (Gopinathan & Babu, 1982; Damalas, 2008).

³ Vliezige schutbladeren aan de voet van een bloem.

⁴ Een term voor genoverdracht in de plantengenetica waarbij een gen wordt overgedragen van de ene naar de andere plant door herhaalde terugkruising.

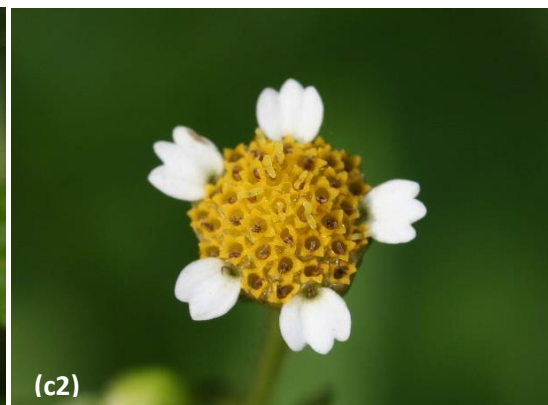
Tabel 2: Overzicht van de onderscheidende kenmerken van *G. quadriradiata* en *G. parviflora* (Ivany & Sweet, 1973; Rai & Tripathi, 1983; Warwick & Sweet, 1983; van der Meijden, 2005; Damalas, 2008).

	<i>Galinsoga quadriradiata</i> (harig knopkruid)	<i>Galinsoga parviflora</i> (kaal knopkruid)
Blad	Breed, bijna zo breed als lang, gekartelde rand	Smal, langer dan breed, rand niet diep gekarteld
Bladsteel (petiolus)	0.2-6.0 cm lang	Tot 2.5 cm lang
Beharing	Zijtakken dicht afstaand en wit behaard	Zijtakken licht en min of meer aangedrukt behaard
Hoogte	0.20-0.45 m	0.20-0.60 m
Bloei	Juni-herfst	Juni-herfst
Eerste bloemstructuren	6 ^e knoopstadium	7 ^e knoopstadium
Bloemhoofdje	3.0-8.0 mm lang 2.1-10.0 mm breed	3.5-5.0 mm lang 2.0-6.0 mm breed
Stroschubben	Ongedeeld	3-lobbig tot 3-spletig
Witte lintbloemen (straalbloemen)	Aantal: 5	Aantal: 3-8 (gewoonlijk 5)
Schutblaadje lintbloemen	Zelden afwezig 0.9-2.8 mm lang 0.7-2.5 mm breed Wit tot donkerpaars of rood	Afwezig tot 1.5 mm lang en breed Wit tot paars
Gele buisbloemen (schijfbloemen)	Aantal: 15-65 1.1-2.0 mm lang	Aantal: 8-50 1.1-1.5 mm lang
Pappusschubben buisbloemen	Deels genaald	Niet genaald
Achenium (dopvrucht, bevat 1 zaad)	Donkerbruin tot zwart 1.1-1.6 mm lang 0.5-0.8 mm breed	Donkerbruin tot zwart 1.2-2.0 mm lang 0.5-0.7 mm breed
Duizendkorrelgewicht	225 ± 2.2 mg	267 ± 2.6 mg
Ploidie	Tetraploïd (2n = 32)	Diploïd (2n = 16)

Galinsoga quadriradiata (harig knopkruid)



Galinsoga parviflora (kaal knopkruid)



Figuur 2: Detailfoto's van (a) blad, (b) beharing, (c) bloemhoofdje (met witte lintbloemen en gele buisbloemen) en (d) achenium van *G. quadriradiata* (1) en *G. parviflora* (2) (KU Leuven, 2013).

2.1.5 Biologie en levenscyclus

2.1.5.1 Zaadbiologie

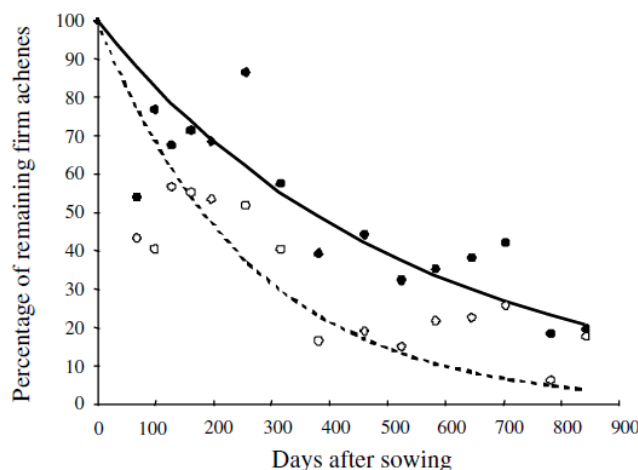
De vrucht van *Galinsoga* is een dopvrucht, ook wel een achenium⁵ genoemd (Figuur 2d) (Damalas, 2008). De afmetingen van het achenium worden weergegeven in Tabel 2. De totale zaadproductie per plant is afhankelijk van de onkruidensiteit (planten m⁻²) en de pedohydrologische factoren [zie 2.1.5.5 Reproductie]. Rai & Tripathi (1983) rapporteerden een duizendkorrelgewicht van 225 ± 2.2 mg voor *G. quadriradiata* en 267 ± 2.6 mg voor *G. parviflora* (Shillong, India - 25°N 91°E, 1500 m). Volgens Shontz & Shontz (1972) is de zaadgrootte en het zaadgewicht bovendien sterk populatie-afhankelijk.

Het narijpen van zaden op bevroren *G. parviflora* planten blijkt mogelijk (Stoffert, 1994; Riemens & van der Weide, 2008). Rijpe en vochtig bewaarde *Galinsoga* zaden, blootgesteld aan lage temperaturen (-18°C gedurende zes weken) vertoonden geen significant lager opkomstpercentage t.o.v. zaden bewaard bij 10°C gedurende dezelfde periode (Ivany & Sweet, 1973). Hieruit volgt dat koude temperaturen de vitaliteit van *Galinsoga* zaden niet significant aantasten. De impact van de vriesbewaring was wel groter op *G. parviflora* t.o.v. *G. quadriradiata*. Het gemiddeld opkomstpercentage (na 22 dagen, 26.5/20°C, 11u natuurlijke fotoperiode) bedroeg immers 54% (-18°C bewaring) en 85% (10°C bewaring) voor *G. parviflora* en 68% (-18°C bewaring) en 79% (10°C bewaring) voor *G. quadriradiata*, allen na een bewaarduur van zes weken (Ivany & Sweet, 1973). Blootstelling van vochtige zaden aan zeer hoge temperaturen heeft echter wel een negatieve impact op de levensvatbaarheid. Volgens De Cauwer *et al.* (2013) waren zaden van *G. parviflora* en *G. quadriradiata* na een incubatietijd (45°C en 100% RV) van resp. vier en acht dagen niet meer levensvatbaar.

Over de langlevendheid van *Galinsoga* zaden bestaat in de literatuur geen eensgezindheid (Riemens & van der Weide, 2008). Volgens Hoek & van der Weide (2007) & Damalas (2008) blijven knopkruidzaden gemiddeld twee jaar levensvatbaar in de bodem. In andere literatuur is er soms sprake van een overlevingsduur tot tien jaar (Riemens & van der Weide, 2008). Echter, volgens Espinosa-García *et al.* (2003) verloren $\pm 50\%$ van de *G. parviflora* zaden hun levensvatbaarheid binnen de eerste tien maanden na begraving, hoewel er ook zaden meer dan twee jaar levensvatbaar bleven (Figuur 3). Volgens De Cauwer *et al.* (2013) zijn *G. parviflora* zaden minder persistent dan *G. quadriradiata* zaden. Uit deze vaststelling volgt dat de zaadbank van *G. parviflora*, zonder nieuwe inbreng van verse zaden, verondersteld wordt sneller te worden uitgeput dan de *G. quadriradiata* zaadbank (De Cauwer *et al.*, 2013). Dit kan deels een verklaring bieden voor het feit dat *G. parviflora* heden minder frequent voorkomt in België [zie 2.1.2.2 Verspreiding in België].

De levensduur van de zaden (*G. parviflora*) is tevens afhankelijk van de morfologie van het achenium (Figuur 3) (Espinosa-García *et al.*, 2003). Dopvruchtjes gegroeid uit lintbloemen (zonder of met een slechts rudimentair ontwikkeld pappus (vruchtpluis) en meestal omgeven door witachtige schutbladeren tot 1.5 mm lang) overleven langer in de bodem dan dopvruchtjes gegroeid uit buisbloemen (met pappus en niet omgeven door schutbladeren bij het loskomen van het bloemhoofdje). Het verschil in langlevendheid tussen achenia afkomstig van lint- en buisbloemen is mogelijk gecorreleerd met hun vatbaarheid voor de aantasting door tal van bodemfungi (vb. *Alternaria alternata* en *Fusarium oxysporum*) en bodembacteriën (Espinosa-García *et al.*, 2003). Er wordt een grotere vatbaarheid verwacht bij achenia gegroeid uit buisbloemen, wegens een minder goede bescherming t.o.v. de achenia gegroeid uit lintbloemen (Espinosa-García *et al.*, 2003).

⁵ Een achenium (nootje) is een éénzadige, niet openspringende vrucht waarbij de vruchtwand en de zaadhuid niet met elkaar vergroeid zijn.



Figuur 3: Percentage overlevende dopvruchten van *G. parviflora* in functie van de begraafduur.⁶ Vol = dopvruchten gegroeid uit lintbloemen (15-20% van het totaal aantal dopvruchten per plant), hol = dopvruchten gegroeid uit buisbloemen (Espinosa-García *et al.*, 2003).

2.1.5.2 Dormantie

Dormantie is een welbepaalde eigenschap van een zaad dat de kieming belemmert, zelfs indien aan alle voorwaarden voor een succesvolle kieming voldaan zijn (Karlsson *et al.*, 2008). Het is een mechanisme dat ervoor zorgt dat zaden kunnen overleven in/op de bodem zodat er enkel kieming plaatsvindt wanneer de omstandigheden gunstig zijn voor de ontwikkeling van een nieuwe plant (Ghersa & Roush, 1993; Kruk *et al.*, 2006). Factoren zoals een verandering in het lichtregime en/of fluctuerende temperaturen kunnen het opheffen van de dormantie initiëren (Kruk *et al.*, 2006). Ook genetische verschillen tussen populaties, lokale weersverschillen tijdens de groei van de moederplanten, de bodemkwaliteit, de positie van het zaad op de moederplant en een verschillende zaadmorfologie kunnen resulteren in verschillende dormantie- en kiemingpatronen tussen individuen binnen dezelfde soort (Karlsson *et al.*, 2008).

Uit onderzoek van Jursík *et al.* (2003) bleken verse *G. quadriradiata* zaden (Tsjechië - Bohemen, 320 m) een primaire dormantie⁷ te vertonen, waarbij de graad varieerde van 10 tot 100 dagen, afhankelijk van de daglengte op het moment van afrijpen. In 1998, 2000 en 2001 werden telkens zaden (in openlucht) geoogst in juli, augustus en september/oktober. De strengste primaire dormantie werd gevonden bij zaden geoogst in juli en augustus (Jursík *et al.*, 2003). Deze bevinding is echter in tegenstelling tot de resultaten van De Cauwer *et al.* (2013) waaruit bleek dat vers gevormde zaden van *G. quadriradiata* geen dormantie vertoonden en onmiddellijk kiemden met percentages hoger dan 93%. De *G. quadriradiata* zaden in het onderzoek van De Cauwer *et al.* (2013) waren wel in de herfst geoogst, wat een mogelijke verklaring biedt voor hun gebrek aan dormantie. Het valt evenwel niet uit te sluiten dat deze zaden een lage graad van primaire dormantie vertoonden die door de hoge kiemingstemperaturen (25/20°C) snel werd opgeheven (De Cauwer *et al.*, 2013).

Volgens Ivany & Sweet (1973) en Baskin & Baskin (1981) waren vers geoogste *Galinsoga* zaden niet dormant. Hierdoor kunnen de zaden, gevormd op een eerste generatie planten, hetzelfde jaar kiemen en aanleiding geven tot een tweede generatie. Volgens De Cauwer *et al.* (2013) daarentegen

⁶*Galinsoga parviflora* zaden afkomstig van lint- en buisbloemen werden gescheiden, geteld, afzonderlijk verpakt in fijnmazige organza zakjes en begraven op een diepte van 10 cm (zandige klei-leembodem met OC = 1.25%). Op de welbepaalde samplingtijdstippen werd de vitaliteit van de opgegraven zaden nagegaan d.m.v. een kiemtest op een water-agar groeimeedium bij 25°C (in petrischalen) (Espinosa-García *et al.*, 2003).

⁷ Een vorm van dormantie die gegenereerd wordt gedurende de zaadontwikkeling (Jursík *et al.*, 2003).

vertoonden *G. parviflora* zaden, geoogst in de herfst, een variërende maar hoge graad van primaire dormantie. Het kiemingspercentage (25/20°C, 16u fotoperiode) van *G. parviflora* (10-80%) was immers significant lager t.o.v. *G. quadriradiata* (> 93%) (De Cauwer *et al.*, 2013). Hieruit werd geconcludeerd dat verse *G. parviflora* zaden een meer uitgesproken dormantie vertoonden dan *G. quadriradiata* zaden. Bovendien bouwden hogere nitraatconcentraties de dormantie niet sneller af (De Cauwer *et al.*, 2013). Volgens Espinosa-García *et al.* (2003) is de dormantie bij niet begraven *G. parviflora* zaden daarentegen afwezig tot zeer gering, maar kan de dormantie ingezet worden bij het begraven van de zaden.

2.1.5.3 Kieming en opkomst

De kieming en opkomst van *Galinsoga* is sterk gerelateerd aan de temperatuur, het lichtregime, de bodemtextuur en de begraafdiepte van de zaden. Afhankelijk van deze factoren volgt de opkomst gemiddeld 6-8 dagen na de kieming (Ivany & Sweet, 1973).

Galinsoga spp. zijn thermofiele onkruiden. De minimale kiemingstemperatuur bedraagt 10°C (Ivany & Sweet, 1973; Jursík *et al.*, 2003; Damalas, 2008). Het uiterste temperatuursinterval waarbinnen er kieming kan plaatsvinden ligt volgens de resultaten van De Cauwer *et al.* (2013) tussen 9°C en 35°C. De optimale kiemingstemperatuur bedraagt 20°C voor *G. parviflora* (Baskin & Baskin, 1981; Damalas, 2008) en 24°C voor *G. quadriradiata* (Shontz & Shontz, 1972). Deze bevinding is in overeenstemming met Jursík *et al.* (2003) die stellen dat, bij een constante temperatuur van 24°C, 89% van de *G. quadriradiata* zaden kiemden voor of tijdens de derde dag van de kiemtest (fotoperiode van 14u). Een alternerend temperatuurregime bevordert daarenboven de kieming. Na vijf dagen kiemden 80% van de *G. parviflora* zaden bij een dagtemperatuur van 30°C en een nachttemperatuur van 20°C, tegenover 70% bij 20/10°C (beiden gecombineerd met een fotoperiode (11 klx) van 16u) (Ivany & Sweet, 1973). Volgens Shontz & Shontz (1972) is het optimaal alternerend temperatuurregime voor kieming van *G. quadriradiata* 24/18°C. Volgens De Cauwer *et al.* (2013) is de kiemingsrespons van *G. quadriradiata* het hoogst bij een alternerend temperatuurregime van 25/20°C (fotoperiode van 16u). De kiemingspercentages waren immers bij drie van de vier populaties significant hoger t.o.v. lagere alternerende temperaturen van 15/10°C en 11/6°C. Voor *G. parviflora* was de kiemingsrespons bij verschillende temperatuurregimes (fotoperiode van 16u) sterk populatieafhankelijk (De Cauwer *et al.*, 2013). Drie van de zes *G. parviflora* populaties kiemden het best bij een alternerende temperatuur van 35/30°C. Deze vaststelling kan mogelijk verklaard worden door primaire dormantie bij *G. parviflora* zaden [zie 2.1.5.2 Dormantie] (De Cauwer *et al.*, 2013). De vereiste omgevingscondities om tot kieming over te gaan zijn immers gerelateerd aan de dormantiegraad (strenger naarmate de zaden meer dormant zijn) (Vleeshouwers *et al.*, 1995; De Cauwer *et al.*, 2013).

Kieming van *Galinsoga* spp. is bovendien zeer sterk lichtafhankelijk. In het donker vindt er haast geen kieming plaats (Warwick & Sweet, 1983; Riemens & van der Weide, 2008), onafhankelijk van het temperatuurregime (De Cauwer *et al.*, 2013). Deze bevinding komt overeen met de resultaten van Karlsson *et al.* (2008) waarbij *G. parviflora* niet kiemde in compleet donkere omstandigheden, terwijl er praktisch 100% kieming werd vastgesteld onder gunstige lichtcondities [12u fotonenstroombichtheid van 28-62 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (400-700 nm)]. Ivany & Sweet (1973) daarentegen rapporteerden wel donkerkieming en stelden dat de lichtafhankelijkheid voor kieming groter was bij *G. parviflora* dan bij *G. quadriradiata* (Tabel 3). Volgens De Cauwer *et al.* (2013) vertoonden beide *Galinsoga* spp. het hoogste opkomstpercentage bij een fotoperiode van 16u, onafhankelijk van de populatie of het alternerend temperatuurregime.

Tabel 3: Kiemingspercentage van *Galinsoga* spp. bij een constante temperatuur van 20°C, op dag 4, 15 en 22 na de start van de kiemtest en bij twee verschillende lichtregimes: L (ononderbroken fotoperiode van 16u per dag) en D (geen fotoperiode) (Ivany & Sweet, 1973)⁸.

Lichtconditie		Kieming (%) op dag		
		4	15	22
<i>Galinsoga quadriradiata</i>	L	42.0	85.0	87.5
	D	25.0	45.5	50.7
<i>Galinsoga paviflora</i>	L	55.5	98.5	99.0
	D	6.0	24.0	24.0

Galinsoga spp. kiemen zeer oppervlakkig (0-4 mm). Uit onderzoek van Ivany (1971) bleek het opkomstpercentage van zowel *G. parviflora* als *G. quadriradiata* te dalen van 98% bij niet begraven zaden, naar 56% bij 2.5 mm diep begraven zaden. Zaden dieper dan 10 mm kwamen niet meer tot kieming (Ivany, 1971; Warwick & Sweet, 1983). De Cauwer *et al.* (2013) rapporteerden eveneens een exponentieel dalende opkomst bij een stijgende begraafdiepte. Deze vaststelling bevestigt dat er een minimale hoeveelheid licht nodig is voor kieming. De maximale opkomstdiepte varieerde tussen 4 en 10 mm en was bovendien bodemtextuur- en populatie-afhankelijk. In een zandbodem lagen de opkomstpercentages hoger en kiemden zaailingen algemeen vanop een grotere diepte dan in een zandleembodem (De Cauwer *et al.*, 2013). Dit wordt mogelijk verklaard door de betere lichtpenetratie bodemgasdiffusie in een bodem met zandige textuur. Deze vaststellingen zijn conform de resultaten van Rai & Tripathi (1983).

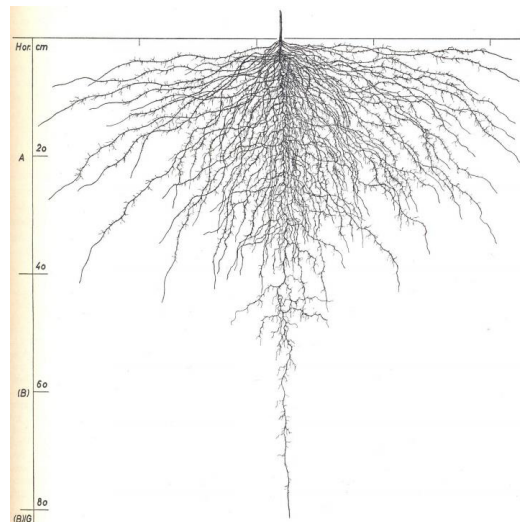
2.1.5.4 Groei en ontwikkeling

Na de ontwikkeling van de terminale bloem produceren beide *Galinsoga* spp. laterale scheuten, ontspringend uit de bladoksels, die resulteren in de productie van één tot drie bloemhoofdjes (Ivany & Sweet, 1973). De plant blijft vervolgens zijtakken vormen die eindigen op een bloemhoofdje, tot deze wordt verwijderd of sterft.

Volgens Ivany & Sweet (1973) zijn *Galinsoga* spp. dagneutraal m.b.t. de bloei, maar bevorderen lange dagen, alsook hoge temperaturen (20-30°C), wel de groei. Droogtestress daarentegen remt de groei en zaadproductie (Rai & Tripathi, 1983). Bovendien zijn *Galinsoga* spp. zeer gevoelig aan lichtconcurrentie [zie 2.2.2.3 Cultuurtechnische factoren - Competitiekracht] en beïnvloedt de nutriëntenstatus eveneens de groei [zie 2.2.2.2 Pedohydrologische factoren - Bodemkwaliteit].

Galinsoga spp. hebben een uitgebreid wortelstelsel bestaande uit een slanke primaire penwortel met meerdere goed ontwikkelde secundaire/tertiaire wortels en adventiefwortels (Canne, 1977), resulterend in een sterke verankering in de A-horizont (Figuur 4). Uit onderzoek van Fresco (1973) bleek dat wortels van *G. quadriradiata* (in serreomstandigheden) initieel sneller ontwikkelden dan van *G. parviflora*, maar finaal (acht weken na kieming) een lager drooggewicht haalden (resp. 0.61 g plant⁻¹ en 0.88 g plant⁻¹).

⁸ In deze studie werd niet vermeld of de zaden tijdens de tussentijdse tellingen op dag 4 en 15 blootgesteld werden aan rood licht. Zo ja, kan dit mogelijk de kieming getriggerd hebben en een verklaring bieden voor de opvallend hoge kiemingspercentages onder donkere omstandigheden.



Figuur 4: Intensieve doorworteling (0-80 cm) en sterke verankering van *Galinsoga* spp. in de A-horizont (Kutcher, 1960).

2.1.5.5 Reproductie

Galinsoga spp. zijn éénjarige planten die zich kunnen vermeerderen via zelf- of kruisbestuiving (vb. m.b.v. insecten) (Shontz & Shontz, 1972; Canne, 1977; Warwick & Sweet, 1983; Reinhardt *et al.*, 2003). De eerste bloemstructuren worden in natuurlijke buitenomstandigheden gevormd zo'n 41-60 dagen na opkomst (Ivany, 1975; Warwick & Sweet, 1983; Riemens & van der Weide, 2008). In een gecontroleerde serreproef (zandige leembodem) bloeide *G. parviflora* vroeger dan *G. quadriradiata*, resp. op dag 24 en 32 na opkomst (Rai & Tripathi, 1983). Tussen het ontstaan van de bloemstructuur en de vorming van levensvatbare zaden verstrijken gemiddeld 11-14 dagen, afhankelijk van de weersomstandigheden (Ivany, 1975; Warwick & Sweet, 1983).

De totale zaadproductie per plant is afhankelijk van de bodemtextuur- en kwaliteit, waterstatus en aanwezige competitie (vb. plant/onkruidensiteit) tijdens de groei en ontwikkeling (Rai & Tripathi, 1983). *Galinsoga quadriradiata* planten geteeld in potten (gedurende negen weken in serreomstandigheden bij een fotoperiode van 11u en in afwezigheid van competitie) droegen gemiddeld 334 bloemhoofdjes met gemiddeld 29 kiemkrachtige zaden per hoofdje (Ivany, 1975). *Galinsoga parviflora* planten daarentegen produceerden gemiddeld zo'n 283 bloemhoofdjes per plant met elk gemiddeld 26 kiemkrachtige zaden (Ivany, 1975). Hoek & van der Weide (2007) vermelden een zaadproductie bij *G. parviflora* tot 30 000 zaden per vrijstaande plant.

Een stijgende populatiedichtheid resulteert in een lagere zaadproductie per plant (Rai & Tripathi, 1983). *Galinsoga quadriradiata* en *G. parviflora* vertoonden bij een standdichtheid van 150 planten m^{-2} in een zandige leembodem (en dagelijkse watergift) een maximale zaadproductie van resp. 150 en 268 zaden $plant^{-1}$. Bij een standdichtheid van 300 planten m^{-2} bedroeg de zaadproductie (onder identieke omstandigheden) resp. 115 en 190 zaden $plant^{-1}$. Het gemiddeld aantal zaden per bloemhoofdje was niet significant verschillend bij een verschillende standdichtheid, bodemtextuur of waterstatus, waaruit volgt dat de totale zaadproductie per plant afhangt van het aantal bloemhoofdjes (Rai & Tripathi, 1983).

Afgesneden stengels van *Galinsoga* spp. kunnen onder vochtige bodemcondities opnieuw inwortelen via de vorming van adventiefwortels (Ivany, 1975; Warwick & Sweet, 1983; Damalas, 2008). Deze vorm van vegetatieve reproductie is een probleem daar waar mechanische onkruidbestrijding onder niet-ideale condities (vb. bij zeer vochtige bodemcondities) uitgevoerd wordt.

2.2 Gevalstudie: *Galinsoga* spp. in biologische groentenpercelen

2.2.1 Probleemstelling

Galinsoga spp. worden in de biologische (en gangbare) landbouw aanzien als probleemkruiden. Uit een rondvraag bij Vlaamse biologische akkerbouwers en groententelers (zomer 2010) blijkt dat slechts 12% er in slaagt om de knopkruiddruk op hun percelen te verminderen. Bij 41% van de biologische telers blijft de druk gelijk en bij 47% worden de problemen met *Galinsoga* zelfs groter (PCBT, 2010). Volgens Riemens *et al.* (2011) wordt *Galinsoga* door meer dan 25% van de Nederlandse biologische telers als een probleemkruid beschouwd. In de biologische sector bereiken de knopkruidpopulaties vaak zeer hoge dichtheden (Figuur 5), wat een rendabele teelt in gevaar brengt (Riemens *et al.*, 2011). Bovendien kan *Galinsoga* ook voor problemen zorgen bij serreteelten (Ervin *et al.*, 2014). In - 2.2.3 Impact en schadelijkheid - wordt verder ingegaan op de probleemteelten en schadelijke effecten van *Galinsoga*.

In de gangbare groententeelt kunnen *Galinsoga* spp. effectief bestreden worden met sommige herbiciden (Tabel 4). In bepaalde volleeldsgroenten is het aanbod aan toegelaten werkzame stoffen met werkzaamheid tegen *Galinsoga* spp. evenwel krap of onbestaande (Hoek & van der Weide, 2007; Damalas, 2008; Kabuce & Priede, 2010). Bovendien wordt het aanbod steeds kleiner door de strenger wordende Europese wetgevingen (Hillocks, 2012).

Tabel 4: Herbiciden werkzaam tegen *Galinsoga*: indeling, chemische familie, plaats van opname, tijdstip van toepassing en teelsterkenningen in België (2018) (Devos, 2012; Fytoweb, 2018).

Werkzame stof	HRAC ¹	WSSA ²	Chemische familie	Opname via	Toepassings-tijdstip ³	Teelt
bentazon	C3	6	benzothia-diazinon	blad	POST	erwten, knoflook, sjalot, stamslabonen, uien
clomazon	F3	13	isoxazolidon	wortel/scheut	PRE	asperge, courgette, erwten, kolen ⁴ , knolvenkel, pompoen, raap, rabarber, selderij, spinazie, stamslabonen, wortelen
glyfosaat	G	9	glycines	blad	PRE/POST	alle teelten (selectief toepassen)
isoxaben	L	21	benzamide	wortel	PRE	asperge, aardbeien, prei, rabarber, sjalot, uien, witloof
metribuzin	C1	5	triazinon	wortel/blad	PRE/POST	aardappelen, asperges, wortelen
pendimethalin	K1	3	dinitroaniline	wortel	PRE	kolen ⁴ , pastinaak, prei, selderij, sjalot, ui, wortelen
pyridaat	C3	6	fenyl-pyridazine	blad	POST	asperges, kolen, prei, schorseneren, sjalot, ui
triflusaaluron-methyl	B	2	sulfonyl-ureum	blad	POST	bieten, chicorei, witloof

¹ HRAC groep: indeling van werkzame stoffen volgens *Herbicide Resistance Action Committee*

² WSSA groep: indeling werkzame stoffen volgens *Weed Science Society of America*

³ PRE: voor opkomst van het gewas; POST: na opkomst van het gewas

⁴ broccoli, bloemkool, spruitkool, spitskool, savooikool, witte kool, rode kool, boerenkool, koolrabi



Figuur 5: (a) Ernstige druk van *G. quadriradiata* in een biologisch preiperceel. (b) Ernstige druk van *G. parviflora* in een biologisch hopperceel. (eigen beeldmateriaal, oktober 2017)

2.2.2 Invloedsfactoren knopkruiddruk

2.2.2.1 Biologische factoren

Galinsoga spp. zijn erg succesvolle onkruiden. Dit hebben ze te danken aan volgende biologische eigenschappen:

Vooreerst kunnen zich, door hun beperkte dormantie [zie 2.1.5.2 Dormantie], geringe kiemvereisten [zie 2.1.5.3 Kieming en opkomst] en korte levenscyclus [zie 2.1.5.5 Reproductie] meerdere generaties (2-4) per groeiseizoen ontwikkelen, gepaard gaande met een hoge reproductiecapaciteit (Ivany, 1971; Reinhardt *et al.*, 2003; Riemens & van der Weide, 2008). *Galinsoga* spp. komen snel in bloei en zijn zowel zelf- als kruisbestuivers (Rai & Tripathi, 1983; Warwick & Sweet, 1983; Kruk *et al.*, 2006). De geproduceerde zaden kunnen bovendien langer dan twee jaar overleven in de bodem [zie 2.1.5.1 Zaadbilogie] (Espinosa-García *et al.*, 2003). Ook kunnen *Galinsoga* spp. zich onder vochtige omstandigheden vegetatief reproduceren via adventieve wortelvorming op afgesneden stengeldelen (Ivany, 1975; Warwick & Sweet, 1983; Damalas, 2008).

Omwille van voornoemde redenen kunnen *Galinsoga* spp. op korte termijn, bij uitblijven van een afdoende bestrijding, een grote zaadbank opbouwen en uitgroeien tot een heuse problematiek. Enkel een intensieve geïntegreerde onkruidbestrijding kan de problemen met *Galinsoga* beperken.

2.2.2.2 Pedohydrologische factoren

Bodemtextuur

Rai & Tripathi (1983) onderzochten o.a. het effect van de bodemtextuur op de kieming, groei en reproductie van *Galinsoga*. Hieruit bleek dat een hoger percentage aan zand (72% vs. 46%) bij *G. parviflora* resulteerde in een significant hogere opkomst en hogere zaadproductie per plant (bij een dagelijkse watergift) [zie 2.1.3.1 Bodemeisen]. De Cauwer *et al.* (2013) bevestigen dat de opkomst van *Galinsoga* hoger is in zandige bodems t.o.v. (zand)leembodems. De maximale opkomstdiepte (4-10 mm) is doorgaans groter in bodems met een hoger percentage aan zand (De Cauwer *et al.*, 2013). Deze conclusies zijn in overeenstemming met de bevindingen uit een telersbevraging door het PCBT (2010) waaruit blijkt dat problemen met *Galinsoga* abundanter voorkomen in zandige bodems (zandleem) vergeleken met zwaardere, kleiige bodems.

Waterstatus

Droogtestress (10-daagse watergift t.o.v. dagelijkse watergift) leidde tot een significante daling in kieming en opkomst van *G. quadriradiata* in de kleiige leembodem (Rai & Tripathi, 1983). Deze bevinding gold ook voor *G. parviflora*, maar enkel bij een hoge dichtheid (> 2700 zaden m^{-2}). Een optimaal bodemvochtregime resulteerde eveneens in een kortere vegetatieve fase waarbij er zich een grotere plantbiomassa ontwikkelde. Bij een dagelijkse watergift bloeide *G. quadriradiata* gemiddeld 32 dagen en *G. parviflora* gemiddeld 8 dagen eerder t.o.v. een 10-daagse watergift (Rai & Tripathi, 1983). Bovendien bestond er een negatieve correlatie tussen de voortplantingscapaciteit (cfr. fertiele zaadproductie) van de overlevende knopkruidplanten en de graad van droogtestress (Rai & Tripathi, 1983).

Bodemkwaliteit

Galinsoga spp. gedijen goed in bodems met een neutrale pH en hoge gehalten aan N (stikstof), P (fosfor) en K (kalium) (Warwick & Sweet, 1983). De vaststelling dat groentenpercelen vaak zeer nutriëntentrijk zijn (De Neve, 2017), verklaart mede de abundantie van *Galinsoga* spp. op (lichte) tuinbouwgronden. In bodemcondities gebrek aan zowel N, P of K vertoonden beide soorten een gereduceerde groei (Ivany, 1971). N-gebrek remde eveneens de bloei, terwijl bij P- of K-gebrek de bloei werd gereduceerd (Ivany, 1971; Warwick & Sweet, 1983). *Galinsoga parviflora* planten in bodems gebrek aan N en K hadden een grotere droge stof aan wortelmassa, in tegenstelling tot *G. quadriradiata* planten waarvan de droge wortelmassa niet werd beïnvloed door lage gehalten aan N, P en K (Ivany, 1971; Warwick & Sweet, 1983). Volgens Rai & Tripathi (1987) steeg de individuele zaadproductie bij *G. parviflora* van 390 naar 613 zaden $plant^{-1}$ bij een stijgend NPK-gehalte (Tabel 5).

Tabel 5: Gemiddelde zaadproductie van *G. parviflora* i.f.v. het NPK-gehalte bij een densiteit van 316 planten m^{-2} : Laag (OS = 2.01%, totale N = 0.15%, beschikbare P = 0.15 ppm en K = 0.15 mg 100 g^{-1}), Gemiddeld (OS = 2.04%, totale N = 0.30%, beschikbare P = 0.31 ppm en K = 1.59 mg 100 g^{-1}) en Hoog (OS = 2.12%, totale N = 0.47%, beschikbare P = 0.40 ppm en K = 2.29 mg 100 g^{-1}) (Riemens & van der Weide, 2008). Onderzoekresultaten uit: Rai & Tripathi (1987).

NPK-gehalte	Individuele zaadproductie (zaden $plant^{-1}$)	Zaadproductie (zaden m^{-2})
Laag	390	123 240
Gemiddeld	599	189 284
Hoog	613	193 708

2.2.2.3 Cultuurtechnische factoren

Type bodembewerking

Het type bodembewerking (kerend vs. niet-kerend) kan de oppervlakkige zaadbanksamenstelling en -hoeveelheid sterk beïnvloeden. In systemen met een kerende bodembewerking (ploegen) worden onkruidzaden min of meer uniform verdeeld over de ganse ploegzool (0-30 cm) (Ball, 1992; Yenish *et al.*, 1992; Cardina *et al.*, 2002). In systemen met niet kerende bodembewerkingen blijven onkruidzaden in de bovenste bodemlaag (0-10 cm). Volgens Melander & Rasmussen (2000) wordt het zo mogelijk om via oppervlakkige bodembewerkingen de oppervlakkige zaadbank uit te putten, op voorwaarde dat de bewerkingen effectief zijn.

Onkruiden die overleven en kiemen dichtbij het bodemoppervlak, zoals *Galinsoga* spp., worden bevoordeeld in systemen waar er niet wordt geploegd (Buhler, 1995; Cardina *et al.*, 2002). De Cauwer *et al.* (2013) besloten dat het merendeel van de *Galinsoga* zaailingen ($> 90\%$) afkomstig was van zaden met een begraafdiepte van max. 4 mm. Volgens Ivany & Sweet (1973) was bij een begraafdiepte van 5 mm de opkomst 76 keer lager t.o.v. een begraafdiepte van 0 mm. De Cauwer *et al.* (2013) toonden evenwel aan dat *Galinsoga* populaties significant kunnen verschillen in hun diepte-opkomst relaties.

Lanfranconi *et al.* (1993) stelden vast dat de aardappelopbrengst (1989) gereduceerd werd met 26% in geval van niet-kerende bodembewerking t.o.v. kerende bodembewerking. Dit opbrengstverlies was grotendeels te wijten aan de competitie van *G. quadriradiata* met het gewas. Na een niet kerende bodembewerking was de densiteit van *G. quadriradiata* (66% van de totale onkruidensiteit) 2.4 keer hoger dan na een kerende bodembewerking.

Organische bemesting

Het toedienen van een extra N-bemesting kan de competitieverhouding tussen gewas en onkruid wijzigen (gewas- en onkruidspecifiek) (Blackshaw *et al.*, 2003). Volgens Di Tomaso (1995) bevordert een snelle vrijstelling van nutriënten, als gevolg van mineralisatie, de onkruidgroei vaak in hogere mate dan deze van het gewas.

Het toevoegen van organisch materiaal (vb. stalmest, drijfmest, compost, etc.) beïnvloedt immers de N en C omzettingen in de bodem en zo ook de samenstelling van het microbieel bodemleven, dat op zijn beurt een impact heeft op de vitaliteit van onkruidzaden. Uit de resultaten van De Cauwer *et al.* (2011) bleek de totale zaadbankgrootte groter indien er met drijfmest bemest werd i.p.v. met compost. Deze vaststelling is gecorreleerd aan het feit dat een bemesting met drijfmest weinig C inbrengt vergeleken met compost, wat resulteert in een lagere hoeveelheid microbiële bodembiomassa en kleinere populaties bodemschimmels en -bacteriën die van belang zijn bij het microbieel bederf van onkruidzaden (De Cauwer *et al.*, 2011). *Galinsoga* spp. gedijen evenwel goed in humeuze bodems bemest met stalmest en composttypes met een lage C:N verhouding.

Ook kan de aanwezigheid van onkruidzaden in verschillende types organische mest (vb. stalmest of composttypes) resulteren in een zaadbankaanrijking (Bàrberi, 2002; Merfield, 2002; De Cauwer *et al.*, 2011).

Competitiekracht

Galinsoga spp. zijn positief fotoblastische onkruiden m.b.t. kieming [zie 2.1.5.3 Kieming en opkomst] (Jursík *et al.*, 2003) die weinig lichtconcurrentie verdragen (Riemens *et al.*, 2011) en bijgevolg eerder open gewasstructuren verkiezen (Warwick & Sweet, 1983; Riemens & van der Weide, 2008).

Deze stelling wordt gestaafd door de resultaten van Rai & Tripathi (1983) waarin kieming en opkomst negatief gecorreleerd waren met de dichtheid (zaden m⁻²). Bovendien leidde een grotere dichtheid uiteindelijk tot een lagere individuele plantbiomassa, minder bloemhoofdjes per individuele plant (Tabel 6) en bijgevolg minder levensvatbare zaden per plant. Deze bovengenoemde conclusies waren meer uitgesproken bij droogtestress, waaruit volgt dat competitie voor water eveneens een limiterende factor is tijdens de kieming, groei en ontwikkeling (Rai & Tripathi, 1983; Damalas, 2008).

Tabel 6: Gemiddelde bovengrondse plantbiomassa (± SE) en gemiddeld aantal bloemhoofdjes per *Galinsoga* plant (± SE) bij oplopende dichtheid in een kleiige (klei 34%, leem 20%, zand 46%) en een zandige (klei 18%, leem 10%, zand 72%) leembodem (Rai & Tripathi, 1983).

Zaden m ⁻²	Kleiige leembodem				Zandige leembodem			
	300	900	2700	8100	300	900	2700	8100
Biomassa (mg plant⁻¹)	88.8 ± 15.4	65.4 ± 11.7	51.2 ± 9.6	38.1 ± 6.0	100.3 ± 19.6	81.1 ± 16.3	57.4 ± 8.6	44.7 ± 8.0
Aantal bloemhoofdjes per plant	4.9 ± 1.4	4.1 ± 1.3	2.9 ± 1.0	1.9 ± 0.5	5.6 ± 1.5	5.4 ± 1.8	3.2 ± 1.0	2.0 ± 0.4

Het verminderen van de lichtintensiteit vanaf het kiemlobstadium van 89 klx naar 56 klx (bij gelijkblijvende fotoperiode van 14u) had bij *G. parviflora* na 27 dagen geen effect op de hoogte van de planten, maar reduceerde wel het vers gewicht met 39% (Ivany & Sweet, 1973). De hoogte en het vers gewicht van *G. quadriradiata* werden bij deze lichtreductie amper beïnvloed. Een verminderde lichtintensiteit van 89 klx naar 17 klx resulteerde na 27 dagen in een gereduceerde planthoogte van 45% voor *G. parviflora* en 32% voor *G. quadriradiata*, terwijl het vers gewicht gereduceerd werd met resp. 92% en 91%. Volgens Ivany & Sweet (1973) is de knopkruiddruk dan ook veel lager in snel dichtgroeïende gewassen. Tevens zijn er minder problemen met *Galinsoga* in gewassen geteeld in geploegd meerjarig grasland.

Volgens Kruk *et al.* (2006) was het gewijzigde licht- en temperatuurregime, veroorzaakt door de initiële stadia van zomertarwe (*Triticum aestivum* L. - 350 planten m⁻²) in Argentinië (37°45'Z, 58°15'W), niet efficiënt genoeg om de kieming van *G. parviflora* zaden aan het bodemoppervlak te inhiberen. In de eerste 90 dagen na de zaai ging de kieming, opkomst en ontwikkeling van *G. parviflora* vrijwel normaal door en ontwikkelde de eerste generatie zonder problemen met vorming van fertiele zaden. De aanpassingen van de fotothermische omgeving als gevolg van de overschaduw door een volgroeid graangewas bleken wel voldoende om de kieming van de tweede generatie *G. parviflora* zaden te verhinderen (Kruk *et al.*, 2006).

Uit onderzoek van Riemens *et al.* (2011) (evaluatie van dode en levende mulches in afwezigheid van een gewas) (Tabel 7) bleek een strodek (gehakseld tarwestro, 15 ton ha⁻¹) het aantal *G. parviflora* planten met 100% te verminderen t.o.v. een onbehandeld perceel in de maanden april, mei en juni (2009 en 2010). Een klaverbedekking met witte klaver (*Trifolium repens* L.) zorgde in dezelfde studie eveneens voor een verminderde *Galinsoga* densiteit tussen 50-88% t.o.v. een onbehandeld perceel.

Tabel 7: Periodieke knopkruidbezetting (planten m⁻²) in plots met of zonder dode (strodek, 15 ton ha⁻¹) of levende (witte klaver; *T. repens* L.) mulch in twee opeenvolgende proefjaren (Riemens *et al.*, 2011).

	2009			2010		
	Strodek	Klaverbedekking	Onbehandelde controle	Strodek	Klaverbedekking	Onbehandelde controle
April	0.0	8.9	23.2	-	-	-
Mei	0.0	11.6	25.3	0.0	10.0	89.8
Juni	0.0	11.6	25.3	0.0	32.8	122.8
Begin juli	-	-	-	0.2	60.2	122.8

Duur teeltcyclus

Kieming in buitenomstandigheden start, afhankelijk van de weersomstandigheden (vb. temperatuur), in april/mei en gaat door tot oktober/november. De eerste zaden rijpen af tussen 52-74 dagen na opkomst [zie 2.1.5.5 Reproductie] (Warwick & Sweet, 1983; Riemens & van der Weide, 2008). Teeltsystemen met gewassen met een kortere teeltduur dan de levenscyclus van *Galinsoga*. (vb. slasoorten (*Lactuca* spp.)) kunnen levenskrachtige zaadzetting in principe voorkomen.

Overige

Het niet onmiddellijk inwerken van verse *Galinsoga* zaden heeft een positieve invloed op zaadpredatie door muizen, vogels en insecten (Riemens *et al.*, 2011). In onderzoek van Riemens *et al.* (2011) werd tot 59% van de oppervlakkig gelegen zaden verwijderd, met locatie- en gewasafhankelijke variaties tussen 13% en 89%. Zo werd bijvoorbeeld een grotere predatie waargenomen in pompoenen (*Cucurbita pepo* L.) dan in groene selder (*Apium graveolens* var. *secalinum*) (Riemens *et al.*, 2011), hoogstwaarschijnlijk als gevolg van afscherming van insecten en muizen door de pompoenbladeren.

2.2.3 Impact en schadelijkheid

Problemen met *Galinsoga* spp. zijn het meest uitgesproken in weinig competitieve teelten die laat in het voorjaar geïnstalleerd worden in een zand- of zandleembodem. Een lange kiemperiode en/of een trage begingroei gecombineerd met een open gewasstand zijn cruciale probleemfactoren. Voorbeelden van enkele typische probleemgewassen zijn: andijvie (*Cichorium endivia* L.), uien (*Allium cepa* L.), witloof (*Cichorium intybus* var. *foliosum*), wortelen, rucola (*Eruca sativa* L.), knolselder (*Apium graveolens* var. *rapaceum*), schorseneer (*Scorzonera hispanica* L.) en prei (*Allium porrum* L.). In snel dichtgroeïende gewassen en teelten met een dichte gewasstand (vb. graangewassen en gras-klover), gepaard gaande met een sterke competitie, is de knopkruidruk veel lager tot nihil (Ivany & Sweet, 1973; Rai & Tripathi, 1983; Riemens & van der Weide, 2008; De Cauwer *et al.*, 2013).

De opbrengstderving als gevolg van competitie met *Galinsoga* kan variëren van 0% bij zeer competitieve gewassen tot 50% bij weinig competitieve gewassen (Warwick & Sweet, 1983; Damalas, 2008; Riemens & van der Weide, 2008; Ervin *et al.*, 2014). Kabuce & Priede (2010) rapporteerden opbrengstverliezen in groentengewassen tussen 10-50% door aanwezigheid van *G. quadriradiata*. Fu & Ashley (2006) stelden in het noordoosten van de V.S. een opbrengstreductie van 19% vast in de paprikateelt (*Capsicum annuum* L.) bij een *G. quadriradiata* densiteit van 32 planten m⁻². Ashley (1971) en Senesac & Minotti (1979) rapporteerden verliezen tot 50% van groene stamslabonen (*Phaseolus vulgaris* L.) door *G. quadriradiata* (Warwick & Sweet, 1983). Lanfranconi *et al.* (1993) vermeldde eveneens dat een densiteit van 33 *G. quadriradiata* pl. m⁻² de opbrengst van groene stamslabonen reduceerde met 50%. Volgens Warwick & Sweet (1983) kon de opbrengst van koolgewassen (*Brassica oleracea* L.) tot 10% dalen door competitie met *Galinsoga*.

Verder zijn *Galinsoga* spp. waardplanten voor talrijke virussen, insecten, nematoden en micro-organismen (schimmels) die eveneens schadelijk kunnen zijn voor gewassen. Onder meer het *Cucumber mosaic virus*, *Curly top virus*, *Aster yellow virus* en het *Galinsoga mosaic virus* komen voor op *Galinsoga* spp. (Batra, 1979; Warwick & Sweet, 1983; Riemens & van der Weide, 2008). Batra (1979) beschreef tevens 122 species (insecten & mijten) die voorkomen als fytofagen op gewassen en geassocieerd worden met *Galinsoga* (Warwick & Sweet, 1983). Voorbeelden zijn: Coleoptera (*Chrysomelidae* - bladhaantjes), Hemiptera (*Miridae* - wantsen), Homoptera (*Aphididae* - bladluizen, *Cicadellidae* - cicaden), Lepidoptera (*Noctuidae* - nachtvlinders), Thysanoptera (*Thripidae* - tripsen) (Batra, 1979; Warwick & Sweet, 1983). Inzake nematoden is *G. quadriradiata* o.a. een waardplant voor wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne hapla* Chitwood), terwijl *G. parviflora* als waardplant kan fungeren voor zowel wortelknobbel-, stengel- (*Ditylenchus dispaci*) en cystenaaltjes (*Heterodera marioni* & *H. schachtii* Schmidt) (Warwick & Sweet, 1983; Riemens & van der Weide, 2008). *Galinsoga parviflora* is tevens een waardplant voor de schimmel *Sclerotinia sclerotiorum* (Adams *et al.*, 1974; Warwick & Sweet, 1983). Ook *Alternaria alternata* en *Fusarium oxysporum* kunnen *Galinsoga* spp. aantasten (Riemens & van der Weide, 2008).

Galinsoga spp. kunnen ook bij hoge veldbezetting de manuele of machinale oogst bemoeilijken of het geoogst product bevuilen (vb. contaminatie in zaaizaadteelten) (Warwick & Sweet, 1983; Huffman, 2004; Damalas, 2008).

2.2.4 Bestrijding

Zowel in de gangbare als in de biologische landbouw is er een sterke noodzaak aan geïntegreerde onkruidbestrijding waarbij preventieve en curatieve technieken beredeneerd worden gecombineerd (Bàrberi, 2002).

2.2.4.1 Preventieve bestrijding

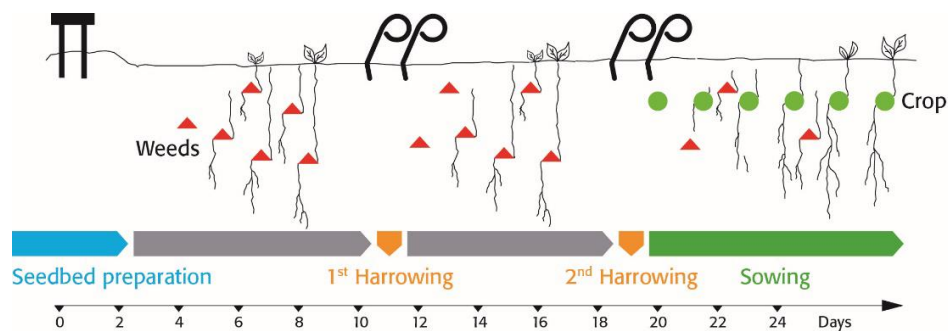
Preventieve bestrijdingsstrategieën focussen op het reduceren van de (oppervlakkige) zaadbank en/of het voorkomen van onkruidopkomst zodat de onkruiddensiteit en competitiedruk in het gewas geminimaliseerd wordt. Zaadbankdepletie berust op kieming, fysiologische veroudering en microbiële afbraak van onkruidzaden enerzijds en het voorkomen van zaadinput anderzijds. Accumulatie van zaden in de persistente zaadbank vormt immers een belangrijke instandhoudingsstrategie van talrijke onkruidsoorten (Grundy *et al.*, 1996; Benvenuti & Macchia, 2006).

Mede door de geringe mate van dormantie en de beperkte langlevendheid van *Galinsoga* zaden kan de densiteit zelfs bij zwaar besmette percelen in drie tot vier jaar vrijwel volledig teruggedrongen worden indien nieuwe zaadinput steeds vermeden wordt (Warwick & Sweet, 1983).

2.2.4.1.1 Vals zaaibed

Een vals zaaibed is een preventieve onkruidbestrijdingsstrategie waarbij niet dormante onkruidzaden die zich in een ideale kiempositie bevinden, geëlimineerd worden alvorens het gewas wordt geïnstalleerd (Boyd *et al.*, 2006). Bij deze techniek wordt twee tot vier weken voor de actuele zaai- of plantdatum (Dierauer *et al.*, 2017) een zaaibed aangelegd waarbij de kieming van onkruidzaden gestimuleerd wordt. Na kieming worden de onkruiden door herhaalde bewerkingen, gepaard gaande met een minimale bodemverstoring, afgedood (Figuur 6) (Caldwell & Mohler, 2001; Lamour & Lotz, 2007; Riemens *et al.*, 2007). Bij de installatie van het gewas is de oppervlakkige zaadbankpopulatie na een succesvol vals zaaibed bijgevolg reeds gedeeltelijk uitgeput, wat resulteert in een lagere onkruiddensiteit en competitie in het geïnstalleerde gewas (Caldwell & Mohler, 2001; Boyd *et al.*, 2006; Lamour & Lotz, 2007).

Tal van invloedsfactoren, zoals de aanwezige onkruidsoorten en -stadia, de toegepaste bestrijdingstechnieken (vb. type werktuigen, bewerkingdiepte en -frequentie), bodem gerelateerde eigenschappen (o.a. bodemtextuur en -temperatuur, waterstatus) en de weersomstandigheden zijn bepalend m.b.t. de effectiviteit van deze techniek (Boyd *et al.*, 2006).



Figuur 6: Visualisatie van een vals zaaibed strategie met twee mechanische bewerkingen (Dierauer *et al.*, 2017).

2.2.4.1.1.1 Voor- en nadelen

Voordelen

De vals zaaibed behandelingen kunnen zowel van chemische (Heatherly *et al.*, 1993), thermische als mechanische aard zijn (Caldwell & Mohler, 2001). Bij mechanische bewerkingen zijn verscheidene werktuigen (vb. rotoreg, wiedeg, rolschoffel, etc.) alsook combinaties mogelijk, afhankelijk van de bestrijdingsstrategie en de beschikbaarheid (Fontanelli *et al.*, 2015). Aangezien op het moment van de vals zaaibed bewerkingen nog geen gewas aanwezig is, kunnen deze vrij agressief en efficiënt uitgevoerd worden (Lamour & Lotz, 2007).

Mechanische bewerkingen resulteren in een bodemverstoring, wat nieuwe onkruidzaden in een ideale kiempositie brengt en een kiemingsgolf induceert (Riemens *et al.*, 2007). Door herhaalde bewerkingen wordt zo de oppervlakkige zaadbank uitput en verlaagt de competitiedruk in het gewas (Caldwell &

Mohler, 2001). Een succesvol vals zaaibed kan zo de frequentie van curatieve ingrepen na installatie van het gewas, samen met de bijhorende gewasschade, beperken. Cloutier & Leblanc (2002) rapporteerden een gereduceerde onkruidensiteit van 67% in een maïsteelt (*Zea mays* L.) volgend op een vals zaaibed t.o.v. een teelt zonder voorafgaand vals zaaibed.

Nadelen

Vaak zijn vals zaaibed systemen nog niet geoptimaliseerd m.b.t. specifieke onkruidsoorten (Lamour & Lotz, 2007). De effectiviteit t.a.v. een specifieke onkruidsoort is immers gerelateerd met de kiemingsbiologie (vb. variatie in kiemingsdiepte en opkomst) van de soort. Het optreden van dormantie bij bepaalde soorten tijdens de vals zaaibed periode betekent een belangrijke belemmering voor de effectiviteit van deze techniek (Benvenuti & Macchia, 2006). Het vals zaaibed kan bovendien slechts voor een bepaalde duur aangehouden worden, afhankelijk van het geplande gewas (Lamour & Lotz, 2007).

Bodemverstorende technieken hebben een negatieve impact op de structuur en stabiliteit van bodemaggregaten, met een groter verlies aan bodemorganische C en andere nutriënten als gevolg (Elliott & Efteth, 1999; Merfield, 2002; Pagliai *et al.*, 2004; Pinheiro *et al.*, 2004; Boyd *et al.*, 2006). Merfield (2002) benadrukt dat mechanische bewerkingen eveneens bodemcompactie in de hand werken. Volgens Hoek & van der Weide (2007) kunnen oppervlakkige vals zaaibed bewerkingen ook het versleppings- en winderosiegevaar doen toenemen op slemp- en stuifgevoelige gronden.

Een diepe bodembewerking tijdens de installatie van het gewas (dieper dan de vals zaaibed bewerkingen) kan onkruidzaden uit diepere bodemlagen in een gunstige kiempositie brengen en zo het effect van het vals zaaibed teniet doen (Boyd *et al.*, 2006; Lamour & Lotz, 2007). Ook kunnen sommige onkruidplanten de verscheidene mechanische vals zaaibed bewerkingen overleven (hoofdzakelijk in vochtige bodems) en bijgevolg een groeivoorsprong hebben t.a.v. het gewas en bijgevolg zelfs leiden tot een grotere competitiedruk t.o.v. een situatie zonder voorafgaand vals zaaibed (Lotz *et al.*, 1995; Rasmussen, 2004; Lamour & Lotz, 2007; Riemens *et al.*, 2007).

Steeds zijn ideale weersomstandigheden vereist tijdens en na de vals zaaibed bewerkingen. Natte (bodem)omstandigheden leiden tot extra bodemcompactie in de rijsporen, met een zwakkere gewasgroei en opbrengstreductie als gevolg (Soane & Van Ouwerkerk, 1994; Lamour & Lotz, 2007) en bevorderen daarenboven het overleven van kiemplanten. Een optimale waterstatus en bodemtemperatuur is wel steeds noodzakelijk voor de stimulatie van kieming gedurende de vals zaaibed periode [zie 2.2.4.1.1.2 Succesfactoren - Pedohydrologische factoren]. Een drogende periode na de bewerking bevordert dan weer het afsterven van de kiemplanten.

2.2.4.1.1.2 Succesfactoren

Biologische factoren

De aanleg van een vals zaaibed gebeurt meestal voor de zaai/aanplant van laat in het voorjaar geïnstalleerde gewassen (Lamour & Lotz, 2007) (vb. maïs, witloof of wortelen). Om kieming van het gros aan onkruidzaden te stimuleren (soort- en populatieafhankelijk), is een voldoende hoge bodemtemperatuur vereist ($> 10^{\circ}\text{C}$), waaraan in het vroege voorjaar vaak niet wordt voldaan (Lamour & Lotz, 2007). Bovendien zijn de weersomstandigheden in het vroege voorjaar vaak niet optimaal voor het uitvoeren van vals zaaibed bewerkingen (vb. een te natte bodem). Inzake wintergewassen (vb. wintertarwe) is het eveneens mogelijk een vals zaaibed aan te leggen in het najaar (indien de weersomstandigheden dit toelaten) en zo de zaai uit te stellen om de densiteit van bijvoorbeeld *Alopecurus myosuroides* Hudson (duist) te reduceren in het gewas (Bond & Grundy, 2001).

Volgens van der Weide *et al.* (2002) is de effectiviteit van een vals zaaibed duidelijk soortspecifiek, afhankelijk van de timing en bovendien variërend van jaar tot jaar (Tabel 8). Op enkele uitzonderingen na (*Poa annua* L. (straatgras) en *Solanum nigrum* L. (zwarte nachtschade) in 1996) resulteerde een late zaai met voorafgaand vals zaaibed in een grotere densiteitsreductie in het gewas (maïs) dan een vroege zaai met voorafgaand vals zaaibed. In 1996 werd de densiteit van *Echinochloa crus-galli* L. Beauv. (Europese hanenpoot) in het gewas duidelijk positief gestimuleerd door een vals zaaibed, terwijl in 1997 er een densiteitsreductie in het gewas werd vastgesteld na een vals zaaibed (Tabel 8).

Tabel 8: Percentage van toename (+) of afname (-) van de onkruidensiteit in een maïsteelt als gevolg van een vroege zaai (eind april) met voorafgaand vals zaaibed; een verlaat zaaitijdstip (half mei) zonder voorafgaand vals zaaibed; een verlaat zaaitijdstip (eind mei) met voorafgaand vals zaaibed t.o.v. een vroege zaai (eind april) zonder voorafgaand vals zaaibed (van der Weide *et al.*, 2002).

Onkruidsoort	Jaar	Vroege zaai (planten m ⁻²)	Effect [in % toename (+) of afname (-)] door:		
			Vroege zaai + vals zaaibed	Late zaai zonder vals zaaibed	Late zaai + vals zaaibed
<i>Echinochloa crus-galli</i> L. Beauv.	1996	3.8	+ 400	+ 260	+ 150
	1997	105.0	- 78	+ 68	- 82
<i>Chenopodium album</i> L.	1996	15.0	- 45	+ 40	- 49
	1997	27.0	- 81	- 30	- 92
<i>Stellaria media</i> L. Vill.	1996	13.5	- 28	+ 2	- 39
	1997	53.3	- 86	+ 2	- 99
<i>Persicaria maculosa</i> Gray	1997	69.3	- 33	+ 2	- 50
<i>Poa annua</i> L.	1996	18.3	- 43	- 57	- 27
	1999	10.0	- 30	- 77	- 57
<i>Atriplex patula</i> L.	1999	1.7	- 24	- 82	- 100
<i>Solanum nigrum</i> L.	1996	6.0	- 50	- 12	- 37
	1999	233.3	- 31	+ 104	- 70

Benvenuti & Macchia (2006) evalueerden de zaadbankuitputting op een biologisch bedrijf in Italië (Sansepolcro - 43°36'N, 10°20'O) bij drie verschillende strategieën: a) combinatie van maandelijks mechanische bewerking (rolschoffelen op een diepte van ±10 cm) en wekelijkse beregening (40 mm), b) maandelijks mechanische bewerking zonder beregening en c) controle zonder mechanische bewerking en/of beregening. De zaadbankgrootte in de bouwvoor (0-30 cm) voor het vals zaaibed bedroeg ±48 000 zaden m⁻² en bestond uit 46 verschillende onkruidsoorten. Ongeveer 86% van de totale zaadbankdensiteit werd toegeschreven aan slechts drie soorten: *Amaranthus retroflexus* L. (56%) (papegaaienkruid), *Portulaca oleracea* L. (22%) (postelein) en *Chenopodium album* L. (melganzenvoet) (8%). *Graminaceae* (10%) werden hoofdzakelijk vertegenwoordigd door *P. annua*, *E. crus-galli*, *A. myosuroides* en *Lolium multiflorum* Lam. (Italiaans raaigras). Uit zaadbankanalyses in de 0-10 cm laag volgde dat de grassen de grootste depletie vertoonden als gevolg van de vals zaaibed bewerkingen. Rolschoffelen in combinatie met de watergift reduceerde de zaadbank van *Poa trivialis* L. (ruwbeemdgras), *P. annua* en *E. crus-galli* met resp. 75.3%, 70.2% en 69.0%. Echter, soorten met overwicht aan dormante zaden tijdens de vals zaaibed periode, zoals *Matricaria chamomilla* L. (echte kamille), *Papaver rhoeas* L. (gewone klaproos) en *Veronica persica* Poir. (grote ereprijs) vertoonden slechts een minimale zaadbankuitputting van resp. 1.5%, 2.7% en 2.8% (Benvenuti & Macchia, 2006). De totale uitputting als gevolg van het vals zaaibed bij het maandelijks rolschoffelen in combinatie met een wekelijkse watergift bedroeg zo'n 50% in de 0-10 cm laag. Bij dezelfde techniek zonder watergift werd slechts een totale uitputting van 5% bekomen in de dezelfde laag, terwijl er bij de onbehandelde

controle amper 1% zaadbankuitputting werd vastgesteld. De zaadbank in de diepere bodemlagen (10-20 en 20-30 cm) werd niet gereduceerd door de vals zaaibed bewerkingen (Benvenuti & Macchia, 2006).

Technische factoren

Tal van werktuigen, al dan niet bodemverstorend, kunnen ingezet worden in een vals zaaibed. In 2.2.4.2 Curatieve bestrijding - wordt een overzicht gegeven van werktuigen die, in sommige gevallen, naast een curatieve toepassing in het gewas tevens preventief ingezet kunnen worden in een vals zaaibed. De keuze voor een bepaalde techniek wordt bepaald op basis van de efficiëntie, de beschikbaarheid en de economische haalbaarheid (Boyd *et al.*, 2006). Eventueel kan ook geopteerd worden voor een strategie waarbij verschillende werktuigen (op verschillende bewerkingsdieptes) alternerend worden ingezet.

Lamour & Lotz (2007) stellen voor om in het begin van de vals zaaibed periode een diepe mechanische bewerking uit te voeren, gevolgd door meerdere ondiepe bewerkingen (1-2 cm). Met deze aanpak wordt vermeden dat zaden uit diepere bodemlagen bij de laatste vals zaaibed bewerking in een ideale kiempositie gebracht worden en leiden tot nieuwe kiemingsgolven na installatie van het gewas. Oppervlakkige bewerkingen leiden tevens tot een beter behoud van het bodemvochtgehalte en reduceren het risico op bodemerosie (Coolman & Hoyt, 1993). In onderzoek van Riemens *et al.* (2007) resulteerden ondiepe vals zaaibed bewerkingen met een rotoreg (bodemverstorend tot op 3-4 cm) na afloop van het vals zaaibed in een gereduceerde totale onkruidensiteit van resp. 43%, 60% en 71% t.o.v. een onbehandelde controle bij veldproeven in 1999, 2000 en 2001.

Het is van belang om gekiemde onkruiden in het vals zaaibed zo vroeg mogelijk in hun ontwikkeling (kiemlob - 2-bladstadium) te elimineren. Hoe verder de ontwikkeling, hoe groter de overlevingskansen en hoe sterker het competitief vermogen t.a.v. het gewas. Volgens Boyd *et al.* (2006) bestreed rolschoffelen (8-9 cm) in een vals zaaibed, onder drogende omstandigheden, minstens 97% van alle breedbladige onkruiden in het kiemlob- en 1-bladstadium en 63% van de onkruiden in het 2- tot 4-bladstadium. Volgens Gunsolus (1990) en Oriade & Forcella (1999) is rolschoffelen het meest effectief indien de onkruiden reeds gekiemd maar nog niet opgekomen zijn.

Branden (niet bodemverstorend) reduceert eveneens significant zowel de onkruidensiteit als de onkruidbiomassa van breedbladige onkruiden in het gewas na afloop van het vals zaaibed (Caldwell & Mohler, 2001; Boyd *et al.*, 2006). Boyd *et al.* (2006) stelden, na het éénmalig inzetten van een stootbrander (24 kg ha⁻¹ propaan), een bestrijding van breedbladige onkruiden vast tussen 72-89%. De effectiviteit van deze techniek is echter soortafhankelijk [zie 2.2.4.2.2 Thermische bestrijding].

Riemens *et al.* (2011) onderzochten in 2009 en 2010 het effect van de bewerkingsdiepte en -frequentie tijdens een vals zaaibed op de densiteit van *G. parviflora* (Tabel 9).

In 2009 resulteerden de verschillende bewerkingsstrategieën tijdens de vals zaaibed periode in een significante densiteitsreductie van *G. parviflora* t.o.v. de onbehandelde controle. Statistisch gezien waren er onderling echter geen significante verschillen tussen de bewerkingsdieptes (Riemens *et al.*, 2011). Na afloop van het vals zaaibed (begin juni) werd in object D1 een grotere knopkruidensiteit vastgesteld dan in object C1 (Tabel 9). Hieruit volgt dat een derde mechanische bewerking in object C1, net voor het branden, waarschijnlijk gekiemde maar nog niet opgekomen *G. parviflora* planten elimineerde.

Uit de resultaten na de vals zaaibed periode van 2010 (eind juli) blijkt dat een 4-wekelijkse bewerking (object C2) resulteerde in een lagere densiteitsreductie van *G. parviflora* t.o.v. de 2-wekelijkse bewerking in objecten A2 en B2 (verschillen NS) (Tabel 9) (Riemens *et al.*, 2011). Verder werd op 06/07/2010 de laagste densiteit waargenomen in object D2, waar de eerste twee bewerkingen

mechanisch gebeurden op een diepte van 4 cm, gevolgd door branden op 02/06/2010. Eind juli werd in object D2 echter een grotere densiteit van *G. parviflora* vastgesteld dan in de objecten met drie mechanische bewerkingen, nl. A2 en B2 (verschillen NS). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het branden op 02/06/2010 geen extra kieming stimuleerde (in tegenstelling tot een mechanische bewerking) en bijgevolg resulteerde in een lagere zaadbankdepletie en hogere *G. parviflora* densiteit eind juli (na de bewerking met de vollelvdsfrees op 06/07/2010) (Riemens *et al.*, 2011).

Tabel 9: Overzicht van de objecten, data van vals zaaibed bewerkingen (Rx = rotoeggen op een diepte van x cm, Br = branden aan een snelheid van 3.5 km u⁻¹, F8 = frezen met de vollelvdsfrees op een diepte van 8 cm) en resultaten van de veldtellingen (Riemens *et al.*, 2011).

Installatie vals zaaibed 15/04/2009		Veldtellingen en vals zaaibed bewerkingen				Veldtelling na vals zaaibed begin juni 2009
Object	Bewerking	29/04/2009		20/05/2009		Planten m ⁻²
		Planten m ⁻²	Bewerking	Planten m ⁻²	Bewerking	
CONTROLE	-	23.2 a	-	25.3 a	-	25.3 a
A1	R10	7.3 b	R5	2.0 c	R3	0.3 c
B1	R5	7.6 b	R5	2.7 c	R5	0.2 c
C1	R5	8.0 b	R5	1.7 c	R5 + Br	0.3 c
D1	R10	8.3 b	R5	2.3 c	Br	5.8 bc

Installatie vals zaaibed 03/05/2010		Veldtellingen en vals zaaibed bewerkingen						Veldtelling na vals zaaibed eind juli 2010
Object	Bewerking	19/05/2010		02/06/2010		06/07/2010		Planten m ⁻²
		Planten m ⁻²	Bewerking	Planten m ⁻²	Bewerking	Planten m ⁻²	Bewerking	
CONTROLE	-	89.8 a	-	122.8 a	-	122.8 a	F8	125.5 ab
A2	R4	5.8 b	R4	3.8 c	R4	25.8 bc	F8	92.5 ab
B2	R4	5.8 b	R2	4.5 c	R2	33.0 bc	F8	75.5 ab
C2	R4	6.0 b	-	76.5 b	R4	39.8 bc	F8	109.8 ab
D2	R4	7.8 b	R4	4.5 c	Br	16.8 cd	F8	168.8 a

Een korte lichtprikkeling van onkruidzaden tijdens mechanische bewerkingen kan leiden tot een nieuwe kiemingsgolf (Vleeshouwers *et al.*, 1995; Merfield, 2002; van der Weide *et al.*, 2002; Lamour & Lotz, 2007; Riemens *et al.*, 2007). De benodigde intensiteit van de lichtprikkeling om tot kieming over te gaan is echter soortafhankelijk en gerelateerd met de graad van dormantie van het zaad (Riemens *et al.*, 2007). Het afdekken van de rotoeg (Figuur 7) tijdens de laatste vals zaaibed bewerking, net voor de installatie van het gewas, zorgde voor een extra reductie in onkruidensiteit (43% reductie zonder t.o.v. 74% met afdekking in 1999 en 60% reductie zonder t.o.v. 71% met afdekking in 2000) (percentages uitgedrukt t.o.v. een controle zonder voorafgaand vals zaaibed en aangelegd met een niet-afgedekte rotoeg) in ijsbergsla (*Lactuca sativa* var. *capitata*) (Riemens *et al.*, 2007). Deze conclusie ligt in lijn met de resultaten van Ascard (1993) en de bevindingen van Merfield (2002). Echter, niet alle onkruidsoorten hebben een lichtbehoefte om te kiemen (Leake, 1999). Volgens Welsh *et al.* (1999) werd de opkomst van *Stellaria media* L. Vill. (vogelmuur) en *C. album* wel degelijk significant gereduceerd indien de mechanische bewerkingen in het donker worden uitgevoerd, terwijl de impact op de opkomst van *A. myosuroides* niet significant was (Bond & Grundy, 2001). Fotocontrole is wellicht weinig effectief op *Galinsoga* spp. aangezien dit positief fotoblastische onkruiden zijn die vanop zeer geringe diepte (0-4 mm) kiemen [zie 2.1.5.3 Kieming en opkomst]. Volgens Milberg (1996) was het kiemingspercentage van *G. quadriradiata* in volledig donkere omstandigheden (1.5-2.7%) niet significant verschillend t.o.v. het kiemingspercentage van zaden die gedurende 5 s aan licht werden blootgesteld (0.5-2.6%). Hieruit volgt dat de kieming van *Galinsoga* niet geïnitieerd wordt door een korte lichtprikkeling.



Figuur 7: Fotocontrole: afgedekte rotores bij de laatste mechanische valse zaai bewerking (van der Weide *et al.*, 2002).

Volgens Rasmussen (2003) is het cruciaal om tijdens de zaai bereiding (laatste valse zaai bewerking) of zaaien, bodemverstoringen die leiden tot nieuwe kiemingsgolven zoveel mogelijk te beperken. Hiervoor wordt *punch planting* (*dibble planting*, *dibber drilling*) in de biologische voederbietenteelt (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *crassa*) gesuggereerd, waarbij er slechts een gaatje in de bodem wordt 'geponst' op de plaats waar het zaai terechtkomt (Rasmussen, 2003). Na het zaaien kan dit eventueel opgevuld worden met vermiculiet, wat de kieming significant verbetert (Wurr *et al.*, 1985; Rasmussen, 2003). *Punch planting* (in een zaai bed dat vier weken eerder werd aangelegd) in combinatie met voor-opkomst branden (3-16 dagen na zaai, 75-100 kg ha⁻¹ propaan) resulteerde gemiddeld in 30% reductie van de totale onkruidbezetting tijdens het 2- tot 4-blad stadium van het gewas, vergeleken met een conventionele zaaimethode met bodemberoering (4-5 cm) in een zaai bed dat vier weken eerder werd aangelegd en eveneens gecombineerd met voor-opkomst branden (Rasmussen, 2003).

Pedohydrologische factoren

Een optimale mechanische valse zaai bewerking stimuleert kieming van onkruidzaden door het invullen van hun licht- en zuurstofbehoefte (Benvenuti & Macchia, 2006). Anderzijds dient de bodemstructuur en -vochtstatus kieming toe te laten.

Volgens Benvenuti & Macchia (2006) betekent zuurstof, extra in de bodem gebracht tijdens de mechanische bewerkingen, een sterke kiemingstrigger. Meerdere onderzoekers suggereren dat zolang zaden begraven en omgeven zijn in een onbewerkte en gesloten bodemmatrix, de zuurstofdiffusie naar de zaden beperkt is (Pareja & Staniforth, 1985; Benvenuti & Macchia, 2006). Het lijkt er op dat in een zandbodem de onkruidkieming op een grotere diepte doorgaat als gevolg van een betere bodemgasdiffusie en lichtpenetratie. De doorslaggevende factor hierbij is soortspecifiek. Benvenuti (2003) constateerde op 3.2 cm in een kleibodem nog 50% opkomst van *Datura stramonium* L. (doornappel), terwijl hetzelfde opkomstpercentage in een zandbodem bereikt werd op een diepte van 5.3 cm en in zuiver kwartszand op 6.1 cm. Dit is wellicht te verklaren door een betere bodemgasdiffusie in een zandige textuur (Benvenuti, 2003). Aangezien licht algemeen gesteld maar tot een diepte van 4-5 mm in de bodem penetreert (Tester & Morris, 1987), is kieming van *D. stramonium* wellicht meer afhankelijk van het zuurstofaanbod dan van het lichtaanbod. Bij soorten met een sterke lichtbehoefte voor kieming (vb. *Galinsoga* spp.) is lichtpenetratie wellicht een belangrijkere factor dan bodemgasdiffusie. Uit de stijgende maximale opkomstdiepte in een zandbodem wordt algemeen verondersteld dat een onkruidzaadbank eenvoudiger uitgeput wordt in een zandige textuur dan in een kleibodem (Benvenuti, 2003).

Volgens Merfield (2002) is er, zowel bij bodemverstorende als niet-bodemverstorende technieken, steeds een effen en fijnkorrelig zaai bed vereist ter stimulatie van de kieming en vervult bodemvocht een sleutelrol. Zowel een te droge als te natte en kluitige bodem reduceert de kieming drastisch en

bemoeilijkt de bewerkingen. Rolschoffelen op 10 cm, gecombineerd met een wekelijkse irrigatie (40 mm), leidde tot een significant hogere opkomst ($> 4\,000$ planten m^{-2}) (40 dagen na bewerking) dan dezelfde behandeling zonder watergift (± 400 planten m^{-2}) en de onbehandelde controle zonder watergift (± 100 planten m^{-2}) (Benvenuti & Macchia, 2006).

Het is belangrijk om tijdens de vals zaaibed bewerkingen de compactie van bodemaggregaten te beperken (Lamour & Lotz, 2007). Compactie speelt een cruciale rol in het verhinderen van kieming (Benvenuti & Macchia, 2006), waarschijnlijk door de zwakkere bodemgasdiffusie (Benvenuti & Macchia, 1995) en onvoldoende fytochroomactivatie van fotosensitieve zaden (Benvenuti & Macchia, 1998). Het gevaar op bodemverdichting stijgt naarmate bodems meer klei en/of weinig organisch materiaal bevatten (Kooistra & Tovey, 1994; Evans *et al.*, 2012). Reductie van bodemcompactie kan bewerkstelligd worden door o.a. het aanhouden van vaste rijpaden, waarbij er steeds een brede, onbereden strook overblijft voor de installatie van het gewas (Lamour & Lotz, 2007). Ook het verlagen van de bandenspanning (Merfield, 2002; Dierauer *et al.*, 2017) en een verminderde asbelasting dragen bij tot het beperken van bodemcompactie.

2.2.4.1.2 Overige methoden

Het alterneren van verschillende bodembewerkingstechnieken (kerend vs. niet-kerend) kan een preventieve onkruidbestrijdingsstrategie betekenen (Boyd *et al.*, 2006). Aangezien *Galinsoga* zaden zeer oppervlakkig kiemen (0-4 mm) en daarnaast een beperkte langlevendheid kennen, kan een kerende bodembewerking de oppervlakkige laag met levensvatbare zaden, opgebouwd na enkele jaren van niet-kerende bodembewerkingen, in een niet-kiempositie brengen waarna deze zaden na enkele maanden tot jaren aangetast worden door het (microbieel) bodemleven en niet meer levensvatbaar zijn op het moment van de volgende kerende bodembewerking (Espinosa-García *et al.*, 2003). Afwisselend ploegen is enkel nuttig indien er veel *Galinsoga* zaden aan het oppervlak gelokaliseerd zijn, terwijl de diepere lagen nauwelijks nog levensvatbare zaden bevatten.

Groenbedekkers (vanggewassen) als volgteelt [vb. witte klaver of bladrammenas (*Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus*) (Riemens *et al.*, 2011)] hebben een positieve invloed op de bodemkwaliteit, nutriëntencycli, preventieve bestrijding van onkruiden en ziekten en het vermijden van bodemerosie (Liebman & Davies, 2000). Groenbedekkers treden immers in competitie met onkruiden voor licht, nutriënten en bodemvocht. Uit een veldonderzoek (2006) van Kumar *et al.* (2009) werd besloten dat de totale *G. quadriradiata* densiteit (planten m^{-2}) onderdrukt werd door haver (*Avena sativa* L. - 134 kg ha^{-1}), bruine mosterd (*Brassica juncea* L. - 12 kg ha^{-1}) en gele mosterd (*Sinapsis alba* L. - 17 kg ha^{-1}) met resp. 91%, 63% en 30% t.o.v. een braakliggende controle. De totale verse biomassa aan *G. quadriradiata* werd gereduceerd met 99% in boekweit (*Fagopyrum esculentum* Moench - 78 kg ha^{-1}) en resp. met 98% en 99% in gele en bruine mosterd (Kumar *et al.*, 2009).

Daarenboven kunnen er bij het inwerken van groenbedekkers, na vrijstelling van allelochemicaliën, fysicochemische effecten optreden die een gunstige invloed hebben op de afdoding van onkruidzaden (Liebman & Davies, 2000; Bàrberi, 2002). Het incorporeren van haver, boekweit, bruine en gele mosterd resulteerde na 17 dagen (veldproef in 2007) in een opkomstreductie (*G. quadriradiata*) van resp. 38%, 49%, 52% en 62% vergeleken met de controleplots zonder incorporatie, maar op gelijkaardige manier bewerkt (Kumar *et al.*, 2009). De droge stof opbrengst van *G. quadriradiata* lag 34 dagen na de incorporatie resp. 25%, 42%, 42% en 60% lager in geval van boekweit, bruine mosterd, haver en gele mosterd. De opkomstreductie als gevolg van de incorporatie van bruine en gele mosterd (*Brassicaceae*) wordt verklaard door de vrijstelling van glucosinolaten (Haramoto & Gallandt, 2005; Kumar *et al.*, 2009) die verder door het enzym myrosinase worden omgezet tot isothiocyanaten. Het allelopathisch effect van boekweit is waarschijnlijk te wijten aan de vrijstelling van flavonoïde glycosiden (vb. rutine) en fenolzuren (vb. chlorogeenzuur) (Golisz *et al.*, 2007).

Naast het installeren van een zogenaamde levende mulch, kan tevens een dode mulch een preventieve onkruidbestrijdingstechniek betekenen (Kabuce & Priede, 2010; Riemens *et al.*, 2011). Bij deze techniek wordt de bodem afgedekt met een zwarte plastic of een dikke organische mulchlaag (vb. roggemulch of stro) (Riemens *et al.*, 2011). Een strodek (15 ton gehakseld tarwestro ha⁻¹) kon de densiteit van *G. parviflora* tot 100% reduceren (Riemens *et al.*, 2011) [zie 2.2.2.3 Cultuurtechnische factoren - Competitiekracht]. Gebaseerd op de maximale opkomstdiepte van *Galinsoga* (4-10 mm) (De Cauwer *et al.*, 2013) wordt een organische mulchlaag van minstens 5 mm dik aangeraden. Biodegradatie van een organische mulchlaag (vb. tarwestro) kan echter wel resulteren in een tijdelijke N-immobilisatie (De Neve, 2017). Daarenboven kunnen er bij de degradatie van een dode mulch fytotoxines vrijkomen die niet enkel de onkruidgroei maar eveneens de gewasgroei remmen (Wallace & Bellinder, 1992). Zo wordt de groei van koolgewassen geremd als gevolg van de decompositie van kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) (Russo *et al.*, 1997).

Het in rotatie brengen van een tijdelijk gras-klover bestand in knopkruidrijk akkerland (wisselbouw) kan de problemen met *Galinsoga* sterk reduceren tot zelfs volledig oplossen in 3-4 jaar (Warwick & Sweet, 1983). Daarnaast kan een systeem van intercropping (vb. prei - groene selder) de relatieve bodembedekking van onkruiden met 41% doen dalen dankzij de verminderde lichttransmissie door het gewas. Bovendien bleek dat de opbrengst van deze specifieke mengteelt 10% hoger te liggen t.o.v. de opbrengst van monoteelt prei of groene selder (Baumann *et al.*, 2000; Bàrberi, 2002). Rotatie tussen warmteminnende gewassen met een open gewasstructuur (vb. wortelen, knolselder, etc.) draagt echter niet bij tot een verhoogde selectiedruk op *Galinsoga*.

Hygiënische maatregelen (vb. reinigen van werktuigen) reduceren de verspreiding van *Galinsoga* en andere onkruidzaden. Bovendien dient er voldoende aandacht te worden besteed aan het onkruidvrij houden van niet beteelde kopakkers (PCBT, 2010).

De competitiviteit van het gewas verbeteren door competitieve variëteiten met snelle veldopkomst en sluiting van het bladerdek (Richards & Whytock, 1993) en een aangepast zaai- en/of plantpatroon, zijn eveneens essentiële preventieve onkruidbestrijdingsstrategieën. Een geplant gewas heeft een groeivoorsprong op kiemende onkruiden, resulterend in een snellere sluiting van het bladerdek en het voorkomen van onkruidkieming (Hoek & van der Weide, 2007). Ook het variëren van de gewasdiktheid en de zaai/plantdata kan een invloed betekenen op de onkruiddruk (Bàrberi, 2002). In de literatuur ontbreken echter concrete gegevens omtrent deze strategieën m.b.t. de specifieke preventieve bestrijding van *Galinsoga*.

2.2.4.2 Curatieve bestrijding

Niet-chemische curatieve onkruidbestrijding (mechanisch of thermisch) vindt plaats na zaaien of planten van het gewas en gebeurt enerzijds vollevelds (al dan niet voor opkomst) en/of tussen en in de gewasrij.

2.2.4.2.1 Mechanische bestrijding

De effectiviteit van curatieve mechanische onkruidbestrijding is sterk afhankelijk van o.a. de bodemcondities (vb. bodemvocht) en de weersomstandigheden (Balsari *et al.*, 2002). Natte omstandigheden kunnen de mechanische bestrijding dusdanig uitstellen dat opbrengstderving optreedt. Tevens zijn de samenstelling van de onkruidpopulatie en het groeistadium van zowel onkruid als gewas bepalend voor de effectiviteit (Bàrberi, 2002). Daarenboven is het niet gegarandeerd dat jonge onkruiden wel degelijk afgedood worden (Bàrberi, 2002). De mogelijkheid bestaat dat onkruiden (afhankelijk van het groeistadium, weersomstandigheden, type mechanische bewerking, etc.), weliswaar met een vertraging, de groei en ontwikkeling hervatten na een mechanische bestrijding.

Evans *et al.* (2012) evalueerden twee nieuw ontwikkelde interrij-wieders, nl. de stijgbeugel- en blokcultivator tegenover een conventionele triltandcultivator (Figuur 8) m.b.t. hun efficiëntie t.a.v. *G. quadriradiata*. Het inzetten van de blokcultivator resulteerde gemiddeld in 8 *G. quadriradiata* overlevers m⁻². Dit aantal was significant lager dan na een bewerking met de stijgbeugelcultivator (gem. 28 overlevers m⁻²) en de conventionele triltandcultivator (gem. 36 overlevers m⁻²) (Evans *et al.*, 2012).



Figuur 8: Stijgbeugelcultivator (*stirrup cultivator*) (links), conventionele triltandcultivator (midden) en blokcultivator (*block cultivator*) (rechts) (Evans *et al.*, 2012).

Voorbeelden van andere werktuigen zijn: eg (wied- of veertandeg), (rol)schoffel, onkruidborstel, aangedreven interrijwieder (*weed-fix*), vinger- en torsiewieder (Van der Schans *et al.*, 2006; Hoek & van der Weide, 2007; Riemens & van der Weide, 2008).

De wied- of veertandeg wordt, om gewasschade te vermijden, enkel ingezet in een goed geworteld gewas. Deze volleveldstoepassing wordt afgeraden in gewassen met brede en uitstaande bladeren (vb. koolgewassen) (Bleeker *et al.*, 2002; Hoek & van der Weide, 2007). Overigens is de toestand van de bodem tijdens de bestrijding cruciaal. Zowel een te natte als te droge (en harde) bodem resulteren in onvoldoende bestrijding. Tevens is de eg enkel effectief bij zeer kleine onkruiden (wittedraadstadium tot kiemplant) (Hoek & van der Weide, 2007). De agressiviteit van de bewerking is regelbaar via: de rijsnelheid, de instellingshoek van de egtanden en de neerwaartse druk die de tanden op de bodem uitoefenen (Pullen & Cowell, 1997).

Bij een bewerking met de interrij schoffel moet de bodem vlak, voldoende los en droog zijn. Met deze techniek kunnen grotere onkruiden worden bestreden dan met de wiedeg (Tabel 10) (Pullen & Cowell, 1997). Bij diep interrij schoffelen tussen kleine gewassen (rijafstand minstens 15 cm) moet aandacht besteed worden aan eventuele wortelbeschadiging van het gewas en het feit dat het gewas mogelijk bedekt wordt door de verplaatste bodem (Hoek & van der Weide, 2007).

De werking van de interrij (minstens 25 cm) onkruidborstel (*brush weeder*) berust op sterke roterende nylon borstels die het onkruid als het ware uit de bodem borstelen (Mattsson *et al.*, 1990). De meeste borstelwieders zijn uitgerust met tal van mechanismen die de gewasrijen afschermen. Uit resultaten van Pullen & Cowell (1997) volgt dat de onkruidborstel onkruiden in het 2-bladstadium het meest effectief bestreed (92%) en de (wied)eg slechts leidde tot een totale onkruidbestrijding van 80%. In het 5-bladstadium bleek de schoffel met een bestrijdingseffect van 94% het meest efficiënt (Tabel 10). Alle technieken resulteerden in een significant lagere veldbezetting t.o.v. de controle.

Tabel 10: Bestrijdingspercentage van de natuurlijke onkruidpopulatie in het 2- en 5-bladstadium d.m.v. de (wied)eg, schoffel en onkruidborstel. Rijsnelheid: 5 km u⁻¹ (Pullen & Cowell, 1997).

Onkruidstadium	(Wied)eg	Schoffel	Onkruidborstel
2-blad	80	89	92
5-blad	55	94	60

De aangedreven interrijwieder (*weed-fix*) heeft zowel een bestrijdingseffect tussen de gewasrijen door het onkruid te ontwortelen (interrij werking) als in de gewasrijen door het onkruid met losse grond te bedekken (intrarij werking). Aangezien het gewas via deze methode eveneens door de losse grond bedekt kan worden, wordt deze techniek vooral toegepast bij grotere, aangeplante gewassen (vb. koolgewassen). Onkruiden vanaf het kiemplant- tot het 4-blad stadium worden met deze techniek bestreden (Hoek & van der Weide, 2007).

Vinger- en torsiewieders werken in de gewasrijen waar ze het onkruid ontwortelen en deels de rij uitgooien. De selectiviteit is gebaseerd op voldoende verschil in verankering tussen gewas- en onkruidplanten (Bleeker *et al.*, 2002; Hoek & van der Weide, 2007), waardoor deze werktuigen best ingezet worden in aangeplante gewassen met kleine onkruiden. Volgens Melander *et al.* (2005) is de torsiewieder qua onkruidbestrijding algemeen genomen efficiënter dan de vingerwieder. Dit wordt door Riemens *et al.* (2007) bevestigd, hoewel het verschil niet statistisch significant bleek. In de resultaten van Bleeker *et al.* (2002) liggen de bestrijdingspercentages na een mechanische bewerking met een vingerwieder (in combinatie met schoffelen) in ijsbergsla en prei (beiden op resp. een klei- en zandbodem) echter telkens iets hoger vergeleken met de percentages na de bewerking met een torsiewieder (onder identieke omstandigheden, eveneens in combinatie met schoffelen) (Tabel 11). Er werd niet meegedeeld of deze geringe verschillen statistisch significant zijn.

Tabel 11: Bestrijdingspercentage van de totale onkruidpopulatie na een bewerking met de vinger- en torsiewieder (gecombineerd met een interrijschoffel) in ijsbergsla en prei, op resp. een klei- en zandbodem. De resultaten zijn gemiddeldes van proeven uitgevoerd in 1998 en 1999 (Bleeker *et al.*, 2002).

	ijsbergsla		Prei	
	Kleibodem	Zandbodem	Kleibodem	Zandbodem
Vingerwieder	88	97	90	93
Torsiewieder	86	86	88	92

Ook handwieden, eventueel met een wiedebed (Turner, 2000), is een effectieve maar arbeidsintensieve curatieve onkruidbestrijdingstechniek die vaak noodzakelijk is om o.a. *Galinsoga* overlevers en nakiemers te elimineren.

2.2.4.2.2 Thermische bestrijding

Thermische onkruidbestrijding slaat op het verhitten van plantenweefsels tot boven de letale weefseltemperatuur (55-94°C, gedurende minstens 65-130 ms), waardoor de celmembraaneiwitten coaguleren en de cellen lekken en uitdrogen (ontstaan van necrosevlekken) (Bond & Grundy, 2001; Boonen *et al.*, 2013). Subletale temperaturen verstoren echter enkel de celfunctionaliteit en resulteren slechts in groeiremming (Boonen *et al.*, 2013). De wijze van warmteoverdracht⁹ naar het bladoppervlak is afhankelijk van de techniek: convectieve warmteoverdracht via stroming in een bewegend draagmedium (vb. stootbranders met een hete, turbulente vlam), straling (zonder draagmedium) (vb. infraroodbranders), geleiding (in een stilstaand medium) (vb. heet water) of condensatie (vb. stoom) (Boonen *et al.*, 2013; Sirvydas *et al.*, 2006; Wszelaki *et al.*, 2007). Het warmtetransport in de plant is beperkt en gebeurt via geleiding (Boonen *et al.*, 2013).

Thermische onkruidbestrijdingstechnieken werken, in tegenstelling tot mechanische technieken, weinig tot niet bodemversturend en kunnen tevens ingezet worden bij natte bodemcondities die geen mechanische bestrijding toelaten (Bond & Grundy, 2001).¹⁰

⁹ Warmte wordt beschouwd als een vorm van energie die als gevolg van een temperatuurverschil tussen twee lichamen wordt overgedragen (Boonen *et al.*, 2013).

¹⁰ Elektrische bestrijding vormt een alternatief voor de klassieke thermische technieken. Hierbij wordt, na contact met een elektrode (± 20 kV), een elektrische stroom door het onkruid gestuurd (systemische werking). De elektrische energie wordt vervolgens in de plant in warmte omgezet waardoor de cellen scheuren en de plant afsterft (Rask & Kristoffersen, 2007).

De meeste stootbranders (hetevlamtechniek: $T_{\text{lucht}} = \pm 800^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{vlam}} = 1800\text{-}2000^{\circ}\text{C}$) berusten op de verbranding van propaan (C_3H_8) (Ascard, 1995) en kunnen voor-opkomst, alsook na-opkomst ingezet worden in hittetolerante gewassen (vb. uien, witloof en prei) (Mattsson *et al.*, 1990; Van der Schans *et al.*, 2006; Riemens & van der Weide, 2008). Bij hitte-gevoeligere gewassen (vb. wortelen) worden afdekkapjes aangeraden bij een interrij na-opkomst behandeling.

Bij infraroodbranders wordt een keramische plaat verhit, waarna hoogenergetische golven uitgezonden worden die het onkruid indirect (na absorptie) verhitten ($\pm 300^{\circ}\text{C}$) (Bond & Grundy, 2001). Stomen, waarbij hete stoom ($120\text{-}140^{\circ}\text{C}$) op de plant condenseert (gevolgd door geleiding), kent eveneens veldtoepassingen. Bij deze techniek wordt zowel de warmte in het gecondenseerde water, alsook extra latente condensatiewarmte vrijgesteld, waardoor plantenweefsels doorgaans dieper getroffen worden (Boonen *et al.*, 2013). In veldexperimenten met uien (vollevelds, niet afgeschermd gewas) werd *G. parviflora* (2-bladstadium) 100% afgedood na een stoomblootstelling van 2 s (Virbickaite *et al.*, 2006; Riemens & van der Weide, 2008).

Ascard (1995) stelt dat onkruidsoorten met onbeschermd groeipunten (vb. *S. media*) bij branden met propaandosissen van 20 tot 50 kg ha⁻¹ volledig gecontroleerd worden van het kiemlob- tot 4-bladstadium. Soorten met beschermde groeipunten (vb. rozetvormers zoals *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik (herderstasje)) werden daarentegen enkel tijdens het kiemlobstadium voor 100% afgedood bij deze dosissen. Ook soorten met diepe of ondergrondse groeipunten (vb. rhizoomvormers zoals *Equisetum* spp. (paardenstaarten)) zijn thermisch moeilijk te bestrijden (Boonen *et al.*, 2013). Dit geldt eveneens voor grassen (vb. *P. annua*) die snel hergroei vertonen vanuit beschermde, dieper gelegen groeipunten (Ascard, 1995; Boyd *et al.*, 2006). Andere biologische factoren (vb. dikte van de waslaag, aanwezigheid van dichte bladbehang, bladstand (planofiel of erectofiel), standdichtheid, stresserende groeiomstandigheden, etc.) beïnvloeden eveneens de effectiviteit van een thermische behandeling (Boonen *et al.*, 2013).

Uit dosis-responscurves blijken ook jongere fenologische onkruidstadia steeds gevoeliger vergeleken met oudere stadia (Bond & Grundy, 2001). Oudere onkruiden zetten immers meer was af of verhouten (lignificeren). Zo was er 42 kg ha⁻¹ propaan vereist om 95% van de witte mosterd (*Sinapsis alba* L.) planten in het 0-2-bladstadium af te doden tegenover 74 kg ha⁻¹ voor het bereiken van hetzelfde bestrijdingspercentage in het 2-4-bladstadium (Ascard, 1994). Branden blijkt een effectieve bestrijdingstechniek voor *Galinsoga* spp zaailingen. Uit Wszelaki *et al.* (2007) volgt dat een jonge populatie *G. quadriradiata* voor 100% afgedood werd bij een rijsnelheid van 4 km u⁻¹ (200 kPa gasdruk, hete vlam 10 cm boven het bodemoppervlak).

Ook omgevingsfactoren en technologische factoren (vb. energie-intensiteit en blootstellingsduur) beïnvloeden de effectiviteit. Bij Wszelaki *et al.* (2007) resulteerde een behandeling in de voormiddag (10u30, $T = 28.3^{\circ}\text{C}$, $\text{RV} = 60.5\%$, windsnelheid = 1.2 km u⁻¹, rijsnelheid = 4 km u⁻¹, gasdruk = 200 kPa, toepassing 10 cm boven het grondoppervlak) na vijf dagen in een totale onkruidcontrole van 94%, tegenover 34% bij een behandeling in de namiddag (17u, $T = 31.4^{\circ}\text{C}$, $\text{RV} = 36.1\%$, windsnelheid = 2.5 km u⁻¹, identieke toepassingscondities). Door de lagere RV zou echter een efficiëntere bestrijding verwacht worden in de namiddag. Een hogere RV of nat bladoppervlak (vb. ook door regen of dauw) beschermt immers het bladweefsel tegen verhitting, waardoor extra energie vereist is om het eigen bladwater te verhitten (Boonen *et al.*, 2013). De hogere windsnelheid in de namiddag verstoorde hier wellicht het warmteverdelingspatroon, wat de minder goede bestrijding mogelijk verklaart (Wszelaki *et al.*, 2007).

3 Materiaal en methoden

3.1 Materiaal

3.1.1 Bodemeigenschappen en perceelshistoriek proefpercelen

De veldproeven bij experimenten 1-3 werden tijdens het voorjaar (experiment 1) en de zomer (experimenten 2 en 3) van 2017 aangelegd op proefpercelen van Inagro vzw – Afdeling biologische productie (Rumbeke-Beitem, West-Vlaanderen, Vlaanderen, België).¹¹ In het verleden vertoonden de gekozen proefpercelen een hoge en uniforme *G. quadriradiata* densiteit. Details omtrent de exacte geografische locatie, totale oppervlakte, bodemtextuur en -classificatie, bouwvooranalyse (staalname op 20/02/2017) en teeltrotatie worden weergegeven in Tabel 12. Extra details omtrent de perceelshistoriek van de proefpercelen van experiment 1 en experimenten 2 en 3 worden resp. weergegeven in Bijlage 1 en Bijlage 2.

Tabel 12: Geografische locatie, totale oppervlakte, bodemtextuur en -classificatie, bouwvooranalyse en teeltrotatie m.b.t. de proefpercelen bij experimenten 1, 2 en 3.

Experiment	1 (wortelruggen)	2 (braak)	3 (braak)
Geografische locatie	50°54'N 03°07'O	50°54'N 03°07'O	50°54'N 03°07'O
Totale oppervlakte (m²)	1680	720	405
Bodemtextuur	zandleem ¹	zandleem	zandleem
Belgische bodemclassificatie²	Ldc ³	Ldp ⁴	Ldp ⁴
Bouwvooranalyse (0-30 cm)⁵			
pH-KCl	6.0	5.4	5.4
OC (%) (droge bodem)	0.98	0.71	0.71
P (mg kg ⁻¹ droge bodem)	320	300	300
K (mg kg ⁻¹ droge bodem)	250	180	180
Mg (mg kg ⁻¹ droge bodem)	112	118	118
Ca (mg kg ⁻¹ droge bodem)	1280	1070	1070
Na (mg kg ⁻¹ droge bodem)	< 20	< 20	< 20
S (mg kg ⁻¹ droge bodem)	< 20	< 20	< 20
Teeltrotatie (biologisch):			
2016	prei	soja ⁶	soja
2015	gras-klover	quinoa	quinoa
2014	aardappel	rode kool	rode kool
2013	broccoli	zomergerst	zomergerst
2012	zomergerst	witloof	witloof

¹ De zandfractie bedraagt 49%.

² De eigenschappen van het bodemprofiel (tot 1.25 m diep) worden gedefinieerd a.d.h.v. een driedelige lettercode (Van Ranst & Sys, 2000). De eerste letter (hoofdletter) geeft info omtrent de grondsoort en wordt bepaald op basis van de fractie aan klei (0-2 µm), leem (2-50 µm), zand (> 50 µm - 2 mm) en grind (> 2 mm). De tweede (kleine) letter geeft info omtrent de natuurlijke draineringsklasse en is afhankelijk van de diepte van het grondwater, de permeabiliteit van de oppervlakkige laag, het voorkomen van een weinig doorlaatbare ondergrond en de topografische omstandigheden. De derde (kleine) letter heeft betrekking tot de profielontwikkeling (opeenvolging van bodemhorizonten).

³ Matig gleyige en natte zandleembodem (onvoldoende gedraineerd) met een sterk gevlekte, verbrokkelde textuur B-horizont (uitgeloopte bodem) (DOV, 2018; Van Ranst & Sys, 2000).

⁴ Matig gleyige en natte zandleembodem (onvoldoende gedraineerd) zonder profielontwikkeling (alluviale en colluviale bodems) (DOV, 2018; Van Ranst & Sys, 2000).

⁵ Streefzone bij zandleem: pH-KCl (5.5-6), OC (1-1.5), P (120-300), K (140-230), Mg (90-160), Ca (1020-2680), Na (31-67), S (23-30).

⁶ De sojateelt op het proefperceel van experiment 2 werd in 2016 niet geoogst, maar vroegtijdig ingewerkt (op 20/07/2016) wegens een te grote onkruiddruk van onder meer *G. quadriradiata*.

¹¹ Sinds 2001 worden de proefpercelen beheerd volgens de regels van de biologische productiemethode. Na een omschakelingsperiode van twee jaar (vanaf 2003) werden de proefpercelen officieel als biologisch geclassificeerd. Sinds 2016 gebeuren alle bodembewerkingen op een niet-kerende wijze.

Het proefperceel van experiment 1 werd tijdens het voorjaar van 2017 niet bemest met dierlijke mest. Bovendien gebeurde er geen bepaling van het NO₃-N gehalte. Bij experimenten 2 en 3 werden de proefpercelen op 21/04/2017 bemest met vaste runderstalmest van biologische oorsprong¹² (C:N = 11.8) (30 ton ha⁻¹). Een maand na deze bemesting (op 22/05/2017) bedroeg het NO₃-N gehalte in de bouwvoor (0-30 cm) 74 kg ha⁻¹.

3.2 Methode

3.2.1 Experiment 1: vals zaaibed proef in wortelruggen

3.2.1.1 Doelstelling

Galinsoga spp. vormen vaak een probleem bij weinig competitieve teelten die laat in het voorjaar worden geïnstalleerd (vb. witloof en wortelen). De problemen zijn meestal het grootst in een zand- of zandleembodem [zie 2.2.2.2 Pedohydrologische factoren]. In experiment 1 wordt de impact nagegaan van een voorafgaand vals zaaibed op de veldopkomst van *Galinsoga* spp. en andere zaadonkruiden in een ruggenteelt met wortelen op een zandleembodem. Daarenboven wordt, a.d.h.v. een zaadbankanalyse voor en na het vals zaaibed, de oppervlakkige zaadbankdepletie (0-5 cm) als gevolg van de vals zaaibed behandelingen geanalyseerd m.b.t. *Galinsoga* spp. en andere zaadonkruiden.

De doelstelling bestaat erin volgende hypothese te onderbouwen a.d.h.v. een veldexperiment:

H.1: Een voorafgaand vals zaaibed leidt tot een oppervlakkige zaadbankdepletie en reduceert de veldbezetting van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas.

Om deze hypothese te ondersteunen worden volgende onderzoeksvragen (OV) opgesteld:

OV 1.1: Verschillen bodemversturende (mechanische) en niet bodemversturende (thermische) vals zaaibed operaties in hun effect op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas?

OV 1.2: Wat is het effect van de bewerkingsfrequentie gedurende de vals zaaibed periode op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas?

OV 1.3: Wat is het effect van het alternerend inzetten van verschillende vals zaaibed technieken (mechanisch en thermisch) op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas, t.o.v. het repetitief inzetten van eenzelfde techniek (eenzijdige bewerkingen)?

OV 1.4: Wat is het effect van de bewerkingsintensiteit van mechanische vals zaaibed bewerkingen (cfr. mate van bodemberoering op eenzelfde bewerkingsdiepte) op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas?

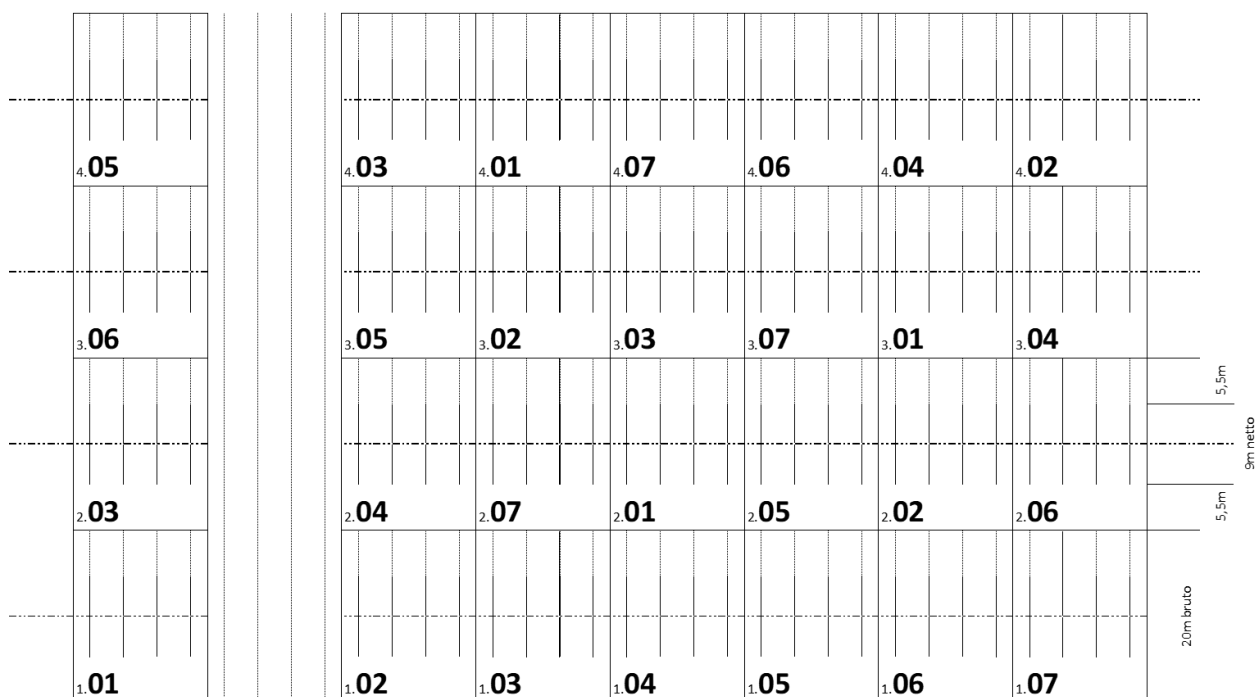
¹² Samenstelling (% berekend op vers materiaal): DS = 26.90%, OS = 20.70%, OC = 11.47%, NH₃-N = < 0.05%, N_{kjeldahl} = 1.00%, CaO = 0.53%, MgO = 0.24%, Na₂O = 0.16%, K₂O = 1.40% en P₂O₅ = 0.32%.

3.2.1.2 Proefopzet

Bovenstaande onderzoeksvragen werden onderzocht door de impact van mechanische en thermische vals zaaibed bewerkingen te evalueren a.d.h.v. een veldproef onder de vorm van een gerandomiseerde blokkenproef met 7 objecten en 4 parallellen per object (Figuur 9). Objecten 1 (ROL_EXT) en 2 (ROL_INT) werden gedurende de vals zaaibed periode mechanisch bewerkt met een strokenrolschoffel op een diepte van 1 cm. Bij objecten 3 (BRA_EXT) en 4 (BRA_INT) gebeurden de bewerkingen thermisch met een stootbrander [zie 3.2.1.3 Gebruikte werktuigen]. Bij objecten 1 & 3 en 2 & 4 werden resp. twee en vier mechanische of thermische bewerkingen uitgevoerd tijdens de vals zaaibed periode. In object 5 (ROL_BRA_EXT) werd één keer geschoffeld en één keer thermisch behandeld met de stootbrander. Object 6 (ROL_FEL_EXT) kende op twee bewerkingstijdstippen een dubbele mechanische bewerking. Deze bewerkingen werden telkens uitgevoerd op dezelfde diepte (1 cm), in tegengestelde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min.¹³ Object 7 (CONTROLE) werd niet bewerkt gedurende de vals zaaibed periode.

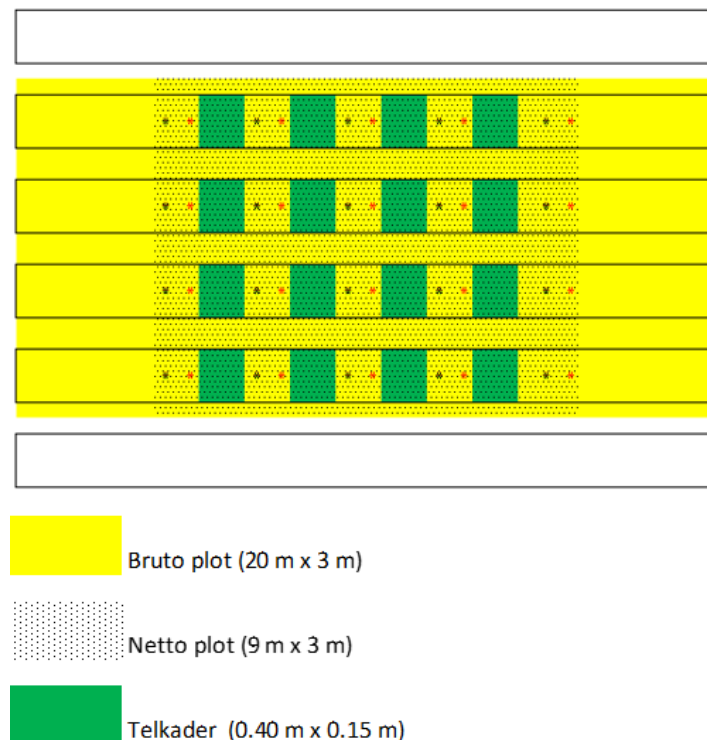
De gerandomiseerde blokkenproef bestond uit 28 verschillende plots met een bruto lengte van 20 m. De veldtellingen en zaadbankanalyses werden enkel in de middelste 9 m (netto plot of meetzone; zie Figuur 10) uitgevoerd om randeffecten m.b.t. het verslepen van onkruidzaden tijdens mechanische bewerkingen te elimineren. De plotbreedte (3 m) stemde overeen met vier verschillende wortelruggen.

Tijdens alle veldtellingen (Tabel 14) werden per plot, m.b.v. een telkader (0.40 m x 0.15 m) (Figuur 11a), alle opgekomen onkruiden geteld op 16 vaste telposities op de wortelruggen, zoals aangegeven in Figuur 10. Bij de registratie werd steeds een onderscheid gemaakt tussen *Galinsoga* en andere onkruiden.



Figuur 9: Schematische voorstelling van de veldproef: gerandomiseerde blokkenproef met 7 objecten en 4 parallellen per object. Het objectnummer (1-7) is in het vet weergegeven.

¹³ Om na te gaan of gekiemde en opgekomen onkruiden efficiënter afgedood worden, alsook of er een verschil is in kiemingsstimulus bij het intensiever beroeren van de bodem op eenzelfde diepte.



Figuur 10: Detail specifieke plotindeling: bruto plot (geel), netto plot (gearceerd) en vaste positionering van de telkaders (groen). * = Positie van bodemstaalname voor de zaadbankanalyse voor de eerste vals zaaibed bewerking. * = Positie van bodemstaalname voor de zaadbankanalyse na de laatste vals zaaibed bewerking.

Het vals zaaibed werd, na enkele voorafgaande bodembewerkingen en een bemesting met haspargit (Tabel 13), aangelegd op 11/04/2017, zes weken voor de zaai van de wortelen¹⁴ op 24/05/2017. Tijdens de vals zaaibed periode werden vier veldtellingen verricht om de effectiviteit en het kiemingstimulerend effect van de bewerkingen (objectafhankelijk) te evalueren. Afhankelijk van het object volgde al dan niet een nieuwe bewerking onmiddellijk na de veldtelling (Tabel 14). Op 24/05/2017 vond de finale veldtelling plaats in het vals zaaibed. De laatste vals zaaibed bewerking werd beschouwd als de aanleg van het werkelijk zaaibed. Diezelfde dag volgde de installatie van het gewas. Bij object 7 (CONTROLE) werd net voor het zaaien de veronkruidde bodemtoplaag (5 cm) afgeschraapt (Figuur 11b). Deze ingreep garandeerde dat de zaadbank in de controle bij aanvang van de teelt bestond uit onaangeroerde en niet gekiemde zaden. Negen dagen na zaai (02/06/2017) volgde een vijfde veldtelling met onmiddellijk daaropvolgend een integrale voor-opkomst brandbeurt¹⁵. Op 30/06/2017 vond de laatste veldtelling plaats om het effect van het vals zaaibed op de veldopkomst van *Galinsoga* spp. en andere zaadonkruiden in de wortelteelt op ruggen te evalueren. Eveneens werd de gewasopkomst tijdens deze laatste veldtelling geregistreerd. Data m.b.t. de watergift d.m.v. een spuitboom (28 m), zowel tijdens de vals zaaibed periode, voor opkomst van het gewas en na opkomst van het gewas, worden weergegeven in Tabel 13.

¹⁴ Ras: Nerac. Zaaidichtheid: 1.8 miljoen zaden ha⁻¹.

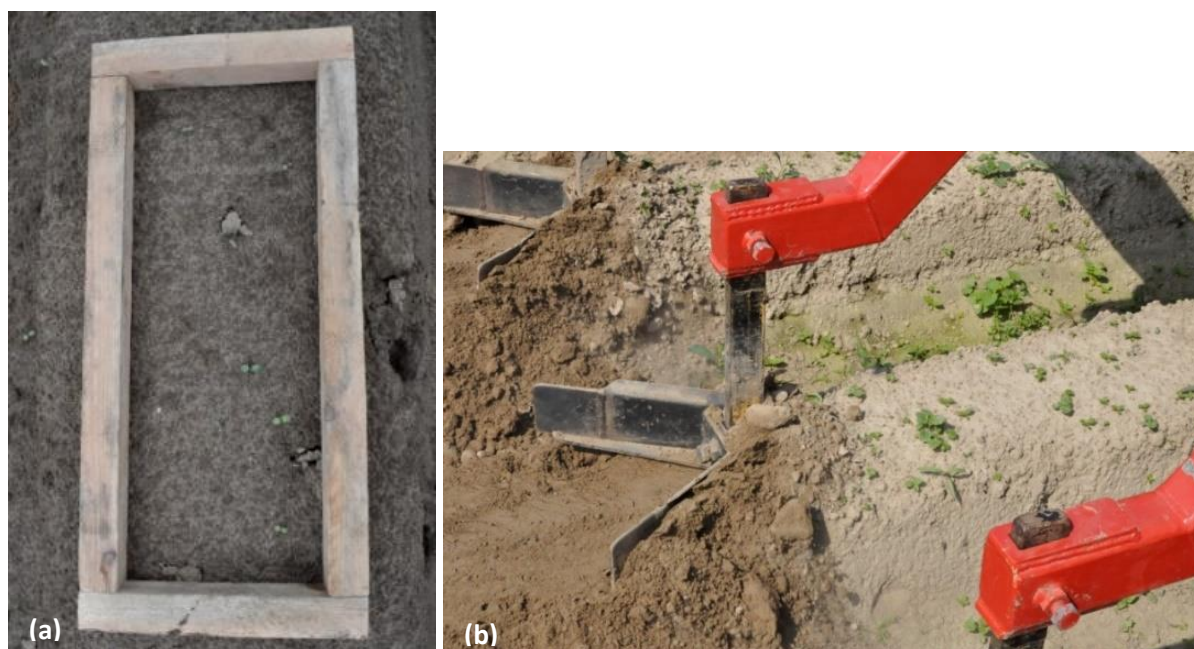
¹⁵ Branden net voor de opkomst van het gewas is een standaard praktijk in de biologische teelt van wortelen op ruggen.

Tabel 13: Bodembewerkingen en voorjaarsbemesting voorafgaand aan het vals zaaibed en watergift gedurende de vals zaaibed periode, voor opkomst van het gewas en na opkomst van het gewas.

Datum	Activiteit	Opmerkingen
24/03/2017	Bewerking met <i>rod weeder</i> ¹	Bewerkingsdiepte: 12-15 cm
30/03/2017	Haspargit bemesting	Dosis: 1333 kg ha ⁻¹ , 15% K ₂ O
03/04/2017	Oppervlakkig rotoeggen	Oppervlakkig ingewerkt met vaste tandeg
07/04/2017	Diepwoelen (<i>Carré Neolab</i>)	Bewerkingsdiepte: 3-5 cm
	Diep rotoeggen	Bewerkingsdiepte: tot 50 cm
11/04/2017	Aanleg vals zaaibed	Bewerkingsdiepte: 12-15 cm
		Oppervlakkig rotoeggen (3-5 cm) + vorming van wortelruggen (breedte = 30 cm, tussenafstand = 40 cm)
03/05/2017	Watergift vals zaaibed ²	Spuitboom: 10 mm
30/05/2017	Watergift voor-opkomst	Spuitboom: 10 mm
31/05/2017	Watergift voor-opkomst	Spuitboom: 10 mm
03/06/2017	Watergift voor-opkomst	Spuitboom: 10 mm
05/06/2017	Watergift na-opkomst	Spuitboom: 10 mm
13/06/2017	Watergift na-opkomst	Spuitboom: 10 mm

¹Ter bestrijding van meerjarige (wortel)onkruiden.

²Ter stimulatie van onkruidkieming gedurende de vals zaaibed periode.



Figuur 11: (a) Telkader (0.40 m x 0.15 m) gebruikt tijdens de veldtellingen. (b) Afschrappen van de bodemtoplaag in de onbehandelde controle na afloop van het vals zaaibed om een onberoerde zaadbank in ideale kiempositie te brengen tijdens de teelt.

Tabel 14: Overzicht van de verschillende vals zaaibed behandelingen (objecten), data van installatie van het vals zaaibed (wortelruggen), veldtellingen en vals zaaibed bewerkingen gedurende de vals zaaibed periode (T-4 – T-1), zaai van de wortelen (T0), veldtelling en voor-opkomst branden (T1) en veldtelling na opkomst van het gewas (T2).

Object	Vals zaaibed behandeling	Installatie vals zaaibed (ruggen)	Veldtellingen en vals zaaibed bewerkingen ¹				Zaai wortelen	Veldtelling en voor-opkomst branden	Veldtelling na- opkomst
			T-4	T-3	T-2	T-1	T0	T1	T2
		11/04/2017	05/05/2017	10/05/2017	16/05/2017	24/05/2017	24/05/2017	02/06/2017	30/06/2017
1	ROL_EXT Rolschoffelen extensief	x		R		R	x	Br	
2	ROL_INT Rolschoffelen intensief	x	R	R	R	R	x	Br	
3	BRA_EXT Branden extensief	x		Br		Br	x	Br	
4	BRA_INT Branden intensief	x	Br	Br	Br	Br	x	Br	
5	ROL_BRA_EXT Rolschoffelen/ branden extensief	x		R		Br	x	Br	
6	ROL_FEL_EXT Rolschoffelen fel extensief	x		2x R ²		2x R ²	x	Br	
7	CONTROLE	x					x ³	Br	

¹ R = rolschoffelen (1 cm diep, 5 km u⁻¹), Br = branden (80 kg propaan ha⁻¹, 1 km u⁻¹).

² 2x rolschoffelen (5 km u⁻¹) op dezelfde bewerkingsdiepte (1 cm), in tegengestelde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min.

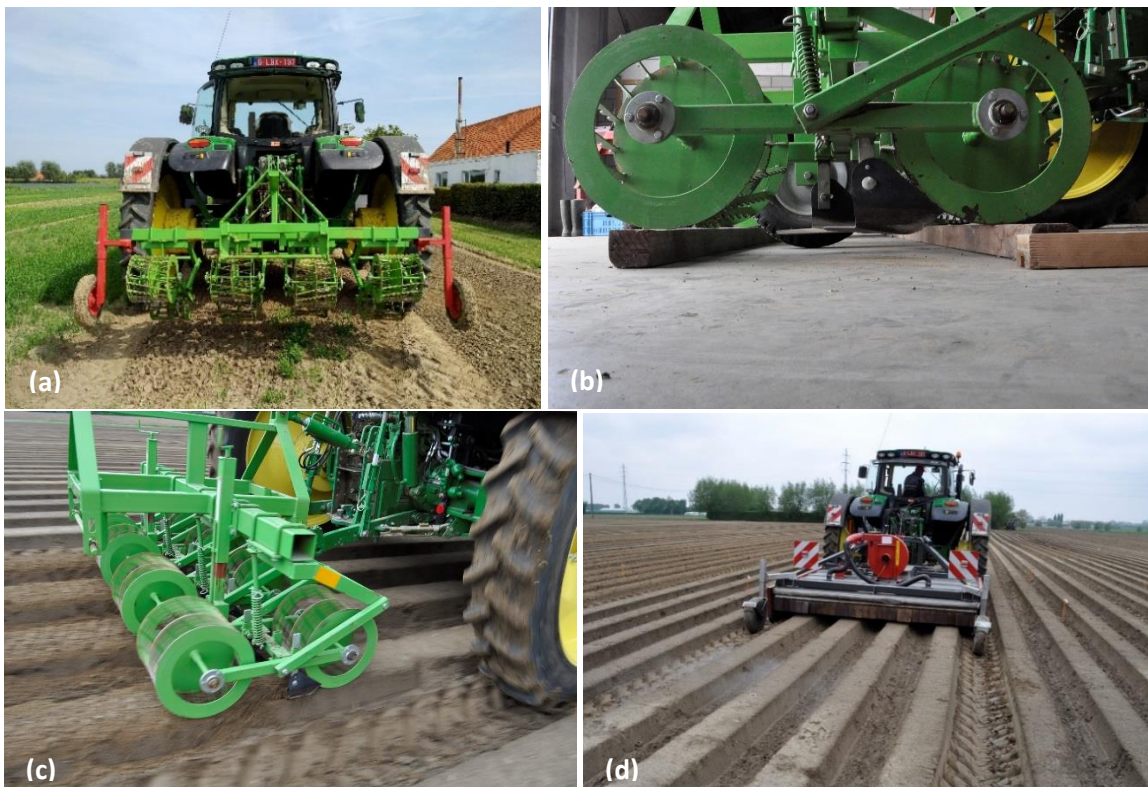
³ Net voor zaaien werd de bodemtoplaag (5 cm) afgeschraapt.

3.2.1.3 Gebruikte werktuigen

Alle vals zaaibed bewerkingen in experimenten 1, 2 en 3, alsook het voor-opkomst branden in experiment 1, werden uitgevoerd met een breedspoortractor (John Deere 6130R, omgebouwd tot een spoorbreedte van 3 m), uitgerust met RTK-GPS¹⁶.

Het rolschoffelen op de wortelruggen gebeurde met een strokenrolschoffel (*Verstraete construct*) met vier elementen waarbij elk element (breedte = 30 cm) bestaat uit twee rollen en twee schuine plaatmessen die door hun positie overlappend werken (Figuur 12a/b/c). Elk mes werd afzonderlijk vlakgesteld op een bewerkingsdiepte van 1 cm. De rollen (voor en na de messen) zorgden voor een goede verkrumeling tijdens iedere bewerking. De constructie liet toe om vier verschillende ruggen (= plotbreedte) in één werkgang te bewerken (Figuur 12c). De rijsnelheid tijdens het rolschoffelen bedroeg steeds 5 km u⁻¹.

De thermische behandelingen gebeurden met een vollelds stootbrander met geforceerde luchttoevoer (breedte = 3 m) geconstrueerd door *Vanhoucke agricultural machinery* (type T.H.BR. 3000, bouwjaar 2016, 1240 kg) (Figuur 12d). De werking van de stootbrander berust op direct contact van het onkruid met de hete vlam (hetevlamtechniek) ($T_{\text{lucht}} = \pm 800^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{vlam}} = 1800\text{-}2000^{\circ}\text{C}$) t.g.v. de verbranding van propaan (C_3H_8). De warmteoverdracht van de turbulente vlam geschiedt door convectie. Het gemiddelde propaanverbruik tijdens de bewerkingen werd geschat op 80 kg ha⁻¹. De rijsnelheid bedroeg, zowel tijdens de vals zaaibed bewerkingen als tijdens het voor-opkomst branden, steeds 1 km u⁻¹.



Figuur 12: Werktuigen ingezet tijdens de vals zaaibed operaties. (a) Strokenrolschoffel met vier rolschoffelelementen (breedte = 30 cm). (b) Detail rolschoffelelement met twee rollen en twee schuine plaatmessen die door hun positie overlappend werken. (c) Rolschoffelen op de wortelruggen tijdens de vals zaaibed periode. (d) Vollelds stootbrander (breedte = 3 m) ingezet in het vals zaaibed en bij de voor-opkomst brandbeurt.

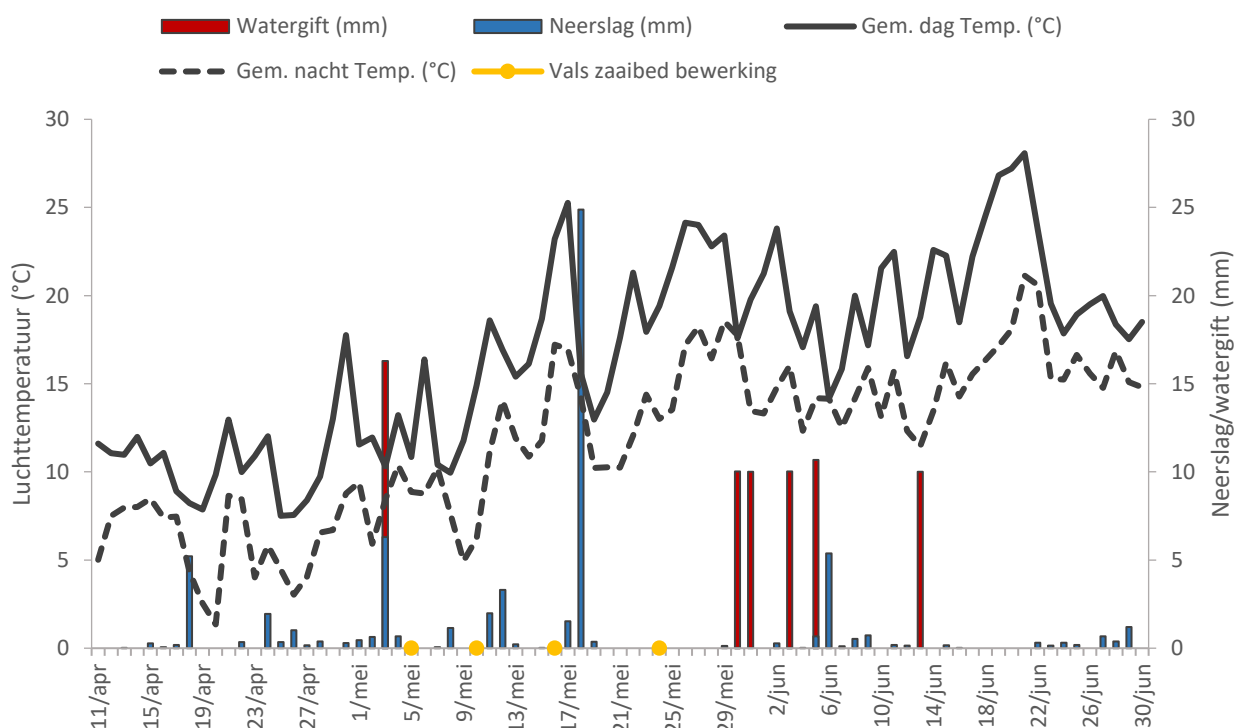
¹⁶ Real Time Kinematic-GPS: GPS systeem in de (precisie)landbouw waarbij satellietgegevens en de verwerking ervan door een referentiestation op de grond resulteren in een nauwkeurige plaatsbepaling van ± 1 cm (Gan-Mor *et al.*, 2007).

3.2.1.4 Weergegevens

In Tabel 15 wordt een overzicht gegeven van de weerparameters op de dag van de vals zaaibed bewerkingen. Figuur 13 geeft een overzicht van de gemiddelde dag- en nachttemperatuur (°C), dagelijkse neerslag (mm) en watergift (mm) tijdens en na de vals zaaibed periode.¹⁷

Tabel 15: Gemiddelde dagtemperatuur, relatieve vochtigheid en lichtinstraling op het moment van de vals zaaibed bewerkingen. De bewerkingen werden uitgevoerd op dagen zonder neerslag.

Datum	Gem. dag Temp. (°C)	Gem. RV (%)	Gem. lichtinstraling (W m ⁻²)
05/05/2017	10.8	77.0	140.7
10/05/2017	14.9	62.7	843.1
16/05/2017	23.2	62.6	303.2
24/05/2017	19.4	54.9	781.7



Figuur 13: Gemiddelde dag- en nachttemperatuur, dagelijkse neerslag en watergift tijdens en na de vals zaaibed periode.

3.2.1.5 Zaadbankanalyse

Het doel van een zaadbankanalyse bestaat erin de voorraad levende onkruidzaden in een specifieke bodemlaag te kwantificeren. Dit kan bijvoorbeeld a.d.h.v. de zaailing-opkomstmethode (Ter Heerdt *et al.*, 1996). Hierbij kiemen de aanwezige onkruidzaden in een bodemstaal *ex situ* onder semi-gecontroleerde omstandigheden. Aangezien *Galinsoga* gekenmerkt wordt door geringe kiemvereisten en dormantie [zie 2.1.5 Biologie en levenscyclus], kan met deze aanpak nauwkeurig het aantal vitale zaden in een bodemstaal bepaald worden. Met kennis van de zaadbanksamenstelling en -grootte in de 0-5 cm oppervlakkige toplaag¹⁸ voor en na het vals zaaibed, wordt het mogelijk om de invloed van de vals zaaibed behandelingen op de oppervlakkige zaadbank te kwantificeren. Dit gebeurt d.m.v. de

¹⁷ De weergegevens werden bekomen door metingen van het officieel weerstation van Inagro vzw – Afdeling biologische productie, gelokaliseerd binnen een straal van 500 m rond het proefperceel (analoog voor de weergegevens van experimenten 2 en 3).

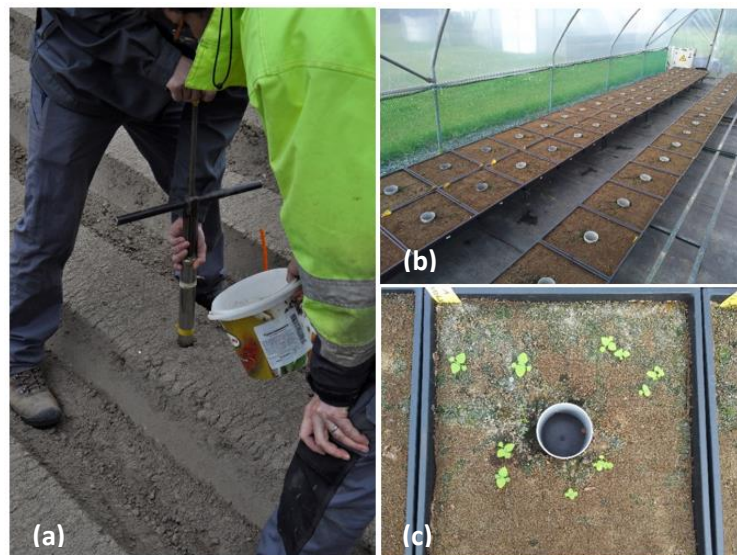
¹⁸ Het gros van alle zaadonkruiden kiemt in de oppervlakkige zone (0-5 cm) (Froud-Williams *et al.*, 1984).

ratio van de absolute zaadbankdensiteit na het vals zaaibed tegenover de absolute densiteit voor het vals zaaibed en dit voor zowel *Galinsoga* spp. als het totaal van zaadonkruiden.

Bij objecten 1-6 werden hiervoor op 21/04/2017 (voor de eerste vals zaaibed bewerking) en op 06/06/2017 (na de laatste vals zaaibed bewerking en het voor-opkomst branden) per plot systematisch 20 bodemstalen genomen op de posities aangeven in Figuur 10. De staalnames gebeurden met een grondboor (diameter 4 cm) op een diepte van 5 cm (Figuur 14a). Bij object 7 (CONTROLE) vond, net na het afschrappen van de toplaag (0-5 cm) op 24/05/2017, een extra staalname plaats om de samenstelling en grootte van de 'onaangeroerde zaadbank' te kwantificeren. De 20 bodemstalen (totaal bemonsteringsoppervlak = $\pm 251 \text{ cm}^2$) werden per plot als mengstaal ($\pm 1.257 \text{ L}$) bewaard in afzonderlijke en gelabelde plastic zakken bij een temperatuur van 1-2°C.¹⁹

Om identieke omgevingsomstandigheden te garanderen tijdens de zaadbankanalyse van de verschillende samplingmomenten, werd ervoor geopteerd alle stalen van het ganse experiment gelijktijdig te analyseren. Op 12/07/2017 ondergingen de in totaal 60 mengstalen elk afzonderlijk een bulkreductie d.m.v. natte zeving met een fijnmazige zeef van 0.2 mm. De restfractie (onkruidzaden, grove zandfractie en organisch materiaal) werd vervolgens gedroogd en gezaaid in een tray die onder bescherming in een plastic serre met fijnmazige natuurlijke zijventilatie werd geplaatst (Figuur 14b). Deze bescherming was noodzakelijk om externe zaadinput, herbivore predatie en schimmelaantasting te verhinderen.

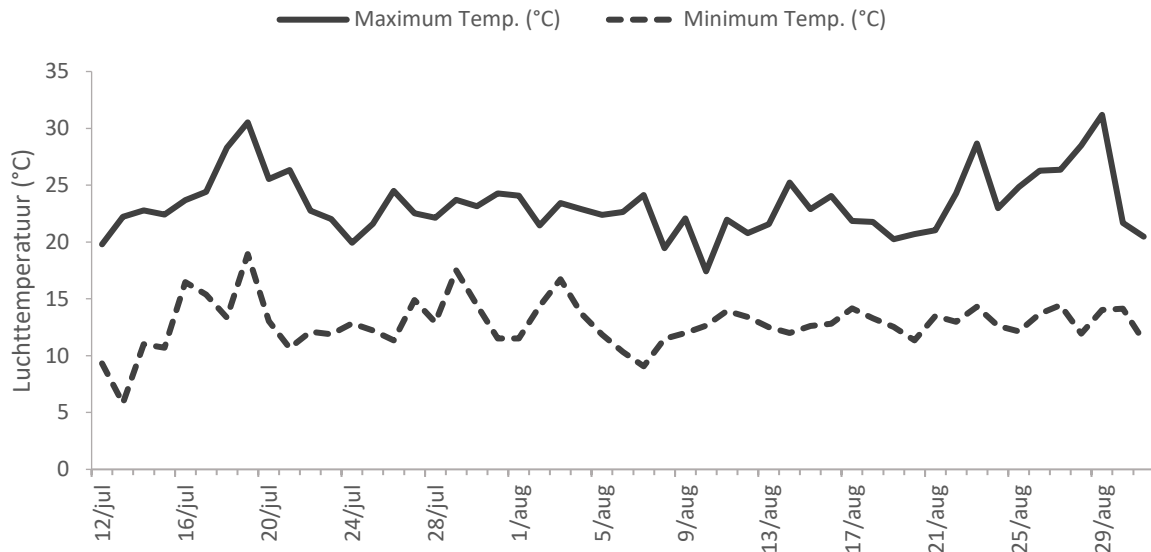
Alle opgekomen onkruiden werden per tray (Figuur 14c) op regelmatige tijdstippen gedetermineerd, geteld en nauwkeurig geregistreerd gedurende een screeningsperiode van ruim zes weken (12/07/2017 t.e.m. 31/08/2017). Na het determineren werden de getelde kiemplanten onmiddellijk verwijderd om lichtexclusie te vermijden. De klimatologische condities in de plastic serre waren gedurende de screeningsperiode vergelijkbaar met de heersende buitentemperaturen (Figuur 15).²⁰



Figuur 14: (a) Bodemstaalname (20 stalen per plot, verzameld als een mengstaal) m.b.v. een grondboor. (b/c) Kwantificatie van de zaadbankgrootte- en samenstelling (na bulkreductie van het mengstaal) d.m.v. de zaailing-opkomstmethode in trays, geplaatst in een plastic serre.

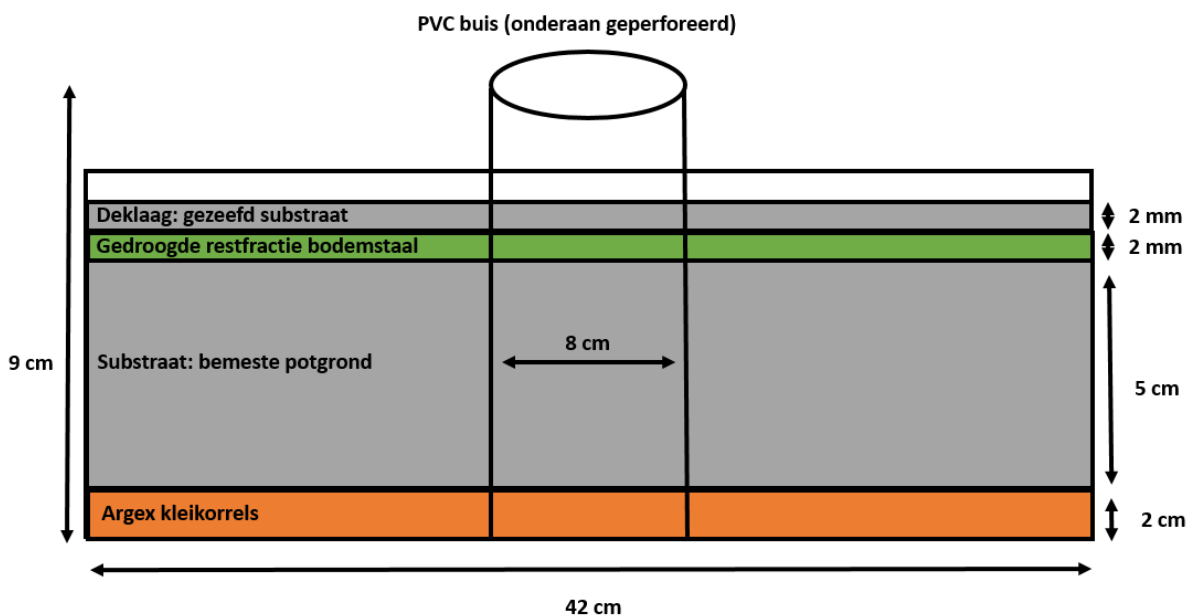
¹⁹ De koele bewaar temperatuur van 1-2°C was noodzakelijk om kieming van onkruidzaden tijdens de bewaarperiode te verhinderen. Alle stalen genomen op 21/04/2017, 24/05/2017 (CONTROLE) en 06/06/2017 werden echter t.e.m. 06/07/2017 per vergissing foutief bewaard bij een temperatuur van -5°C.

²⁰ De weergegevens werden bekomen door metingen van het officieel KMI weerstation op de proefhoeve in Melle. Dit geldt ook voor de weergegevens m.b.t. tot de zaadbankanalyses in experimenten 2 en 3.



Figuur 15: Maximum en minimum buitentemperatuur gedurende de screeningsperiode van de zaadbanken.

De opbouw van een tray bij de zaailing-opkomstmethode is weergegeven in Figuur 16. De onderlaag bestond uit een laag Argex-kleikorrels (2 cm) die zorgde voor een uniforme vochtverspreiding over het grondoppervlak na elke watergift, gevolgd door capillaire opstijging. Daarboven bevond zich een 5 cm dikke laag met bemeste potgrond (Tabel 16), vrij van onkruidzaden. Hierop werd vervolgens de gedroogde restfractie van de aangeboorde bodem in een dunne laag uniform verspreid en afgedekt met gezeefde potgrond (2 mm), gevolgd door licht aandrukken. De watergift vond plaats via een PVC koker die onderaan geperforeerd is. Gedurende de screening werd gestreefd om continu de veldcapaciteit te benaderen. Bij mosontwikkeling (blad- en/of levermossen), vaak een probleem bij een frequente watergift, werd een droogteperiode ingelast waarna de bovenlaag (0-2 mm) werd verkruid en opnieuw licht aangedrukt. Deze handeling was noodzakelijk aangezien mosontwikkeling leidt tot lichtexclusie en zo de kieming negatief kan beïnvloeden.



Figuur 16: Klassieke opbouw van een tray bij de zaailing-opkomstmethode.

Tabel 16: Fysico-chemische eigenschappen van de bemeste potgrond.

DS (droge stof)	30%
OS (organische stof)	20%
pH-H₂O	5-6.5
EC (elektrische geleidbaarheid)	45 mS cm ⁻¹
Minerale meststof (NPK: 12-14-24)	1 kg m ⁻³
Organische meststof (NPK: 7-7.5-8)	2 kg m ⁻³

Het gemiddeld aantal kiemkrachtige zaden per m² van een aanwezige onkruidsoort in de 0-5 cm laag van een bepaalde plot werd als volgt berekend:

$$y_i \text{ (zaden m}^{-2}\text{)} = \left(\frac{x_i}{n * r^2 * \pi} \right)$$

y_i = absolute zaadbankdensiteit van soort i (zaden m⁻²)

x_i = aantal levensvatbare zaden (= aantal getelde kiemplanten) van soort i in de tray

n = aantal bodemstalen per plot

r = straal van de grondboor

De relatieve zaadbankdensiteit van soort i in de 0-5 cm laag werd bepaald als:

$$P_i \text{ (\%)} = \frac{y_i \text{ (zaden m}^{-2}\text{)}}{N \text{ (zaden m}^{-2}\text{)}} * 100$$

P_i = relatieve zaadbankdensiteit (%) van soort i

y_i = absolute zaadbankdensiteit van soort i (zaden m⁻²)

N = totale absolute zaadbankdensiteit (zaden m⁻²)

De Shannon diversiteitsindex combineert de soortenrijkdom en de soortenbelangrijkheid (cfr. relatief aandeel van elke soort) in een maat voor de heterogeniteit waarmee soorten voorkomen op het perceel. De Shannon index m.b.t. de oppervlakkige zaadbank werd als volgt berekend (Jost, 2007):

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i)$$

s = soortenrijkdom

P_i = relatieve zaadbankdensiteit (%) van soort i

Hoe dichter deze index aanleunt bij de maximale waarde $[-\ln(1/N)]$, hoe soortendiverser en evenwichtiger de oppervlakkige zaadbanksamenstelling van het perceel.

De Simpson index (dominantie-index) is een numerieke waarde die varieert tussen 0-1 en de probabiliteit weergeeft dat twee random zaden in de oppervlakkige zaadbank tot verschillende soorten behoren. De dominantie-index m.b.t. de oppervlakkige zaadbank werd als volgt berekend (DeJong, 1975):

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^s y_i(y_i - 1)}{N(N - 1)}$$

s = soortenrijkdom

y_i = absolute zaadbankdensiteit van soort i (zaden m⁻²)

N = totale absolute zaadbankdensiteit (zaden m⁻²)

Hoe dichter deze waarde aanleunt bij 1, hoe hoger de diversiteit en hoe lager de dominantie (DeJong, 1975).

3.2.1.6 Statistische verwerking

De berekening van de gemiddelde waarden en bijhorende standaardfouten ($\pm$ SE), evenals de verdere statistische verwerking van de resultaten van de verschillende veldtellingen en de zaadbankanalyses, gebeurde met het programma R (versie 3.4.3, 2017).

Voor iedere dataset (cfr. resultaten van een veldtelling op een bepaald telmoment) werden vooreerst de voorwaarden van homoscedasticiteit en normaliteit nagegaan met resp. de Modified Levene test en de Kolmogorov-Smirnov normaliteitstest, beiden op het 5% significantieniveau. Indien niet aan deze voorwaarden werd voldaan ($p < 0.05$), werd getracht om d.m.v. een datatransformatie alsnog aan deze voorwaarden te beantwoorden. Vooreerst werd de vierkantswortel getransformeerde data getest op homoscedasticiteit en normaliteit. Indien deze transformatietechniek geen soelaas bracht, werd vervolgens de 4^e machtswortel getransformeerde data getest. Indien nog steeds niet voldaan aan de voorwaarden, werd een log transformatie op de data doorgevoerd en getest.

Indien reeds bij de niet getransformeerde data, of na één van de voornoemde datatransformatietechnieken, wel degelijk aan de assumpties werd voldaan ($p > 0.05$), werd (eventueel op de getransformeerde data) een parametrische 1-weg ANOVA doorgevoerd. Indien hieruit significantie bleek (5% significantieniveau)²¹, werden de significante verschillen in veldbezetting tussen de behandelingen aangetoond m.b.v. Fisher's LSD (*Least Significant Difference*) (Caldwell & Mohler, 2001; Riemens *et al.*, 2007). Op het 5% significantieniveau wordt de LSD-waarde als volgt berekend (Williams & Abdi, 2010):

$$LSD = t_{v,0.05} \sqrt{MS_{S(A)} \frac{2}{n}}$$

$t_{v,0.05}$ = tabelwaarde van de t-verdeling met v het aantal vrijheidsgraden van de residuen

$MS_{S(A)}$ = *mean squared error* van de residuen

n = aantal herhalingen

Geen significantie volgens de 1-weg ANOVA ($p > 0.05$) impliceerde daarentegen dat er geen significant verschil was in veldbezetting tussen eender welke behandelingen.

Indien geen enkele datatransformatietechniek resulteerde in homoscedasticiteit en/of normaliteit van de dataset, werd de Kruskal-Wallis test (niet-parametrische teststatistiek) gebruikt (Conover, 2012). Indien uit de Kruskal-Wallis test significantie bleek ($p < 0.05$), werden de significante verschillen in veldbezetting tussen de behandelingen bepaald met de Bonferroni test.

De statistische verwerking m.b.t. de zaadbankanalyses was van tweeërlei aard. Net als bij de veldbezetting werden (na het verifiëren van de assumpties van homoscedasticiteit en normaliteit, gevolgd door een eventuele datatransformatie) na een significante 1-weg ANOVA, de significante verschillen in ratio's van de absolute zaadbankdensiteit na het vals zaaibed tegenover de absolute densiteit voor het vals zaaibed, tussen de behandelingen, bepaald m.b.v. Fisher's LSD. In geval er na geen enkele datatransformatie werd voldaan aan deze assumpties, werd de Kruskal-Wallis test ingezet. Eventuele significante verschillen tussen de behandelingen werden dan bepaald met de Bonferroni test.

²¹ Significantie bij 1-weg ANOVA toont aan dat de veldbezetting in minstens twee behandelingen significant verschilt volgens het 5% significantieniveau.

Het bepalen of een individuele behandeling resulteerde in een significante zaadbankdepletie in de 0-5 cm toplaag gebeurde daarentegen met een one sample t-test waarbij geëvalueerd werd of de gemiddelde ratio in een object significant afwijkt t.o.v. 1 (= geen effect) volgens het 5% significantieniveau.

Tevens werd met een paired t-test²² geverifieerd of de gemiddelde absolute *Galinsoga* en totale zaadbankdensiteit in de controle al dan niet significant verschilden ($p < 0.05$) tussen de staalname voor de eerste vals zaaibed bewerking (21/04/2017) en net na het afschrappen van de toplaag (24/05/2017).

²² Een paired t-test wordt ingezet bij het vergelijken van twee gemiddelden waarbij de data gepaard zijn (m.a.w. indien de experimentele eenheid waarop beide metingen uitgevoerd worden gelijk is).

3.2.2 Experiment 2: invloed van techniek en diepte-instelling op zaadbankdepletie en veldopkomst

3.2.2.1 Doelstelling

Rolschoffelen en wieden als bodemverstorende technieken enerzijds, of branden als niet bodemverstorende techniek anderzijds, zijn standaard bewerkingen in een vals zaaibed. In experiment 2 wordt o.a. de impact van de techniek (rolschoffelen en wieden als bodemverstorend vs. branden als niet bodemverstorend) en bovendien de invloed van de bewerkingsdiepte van mechanische operaties geëvalueerd naar oppervlakkige zaadbankdepletie (0-5 cm) en veldopkomst van *Galinsoga* en andere zaadonkruiden tijdens en na de vals zaaibed periode. Het effect van dubbele rolschoffelbewerkingen (tweemaal bewerken in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min) wordt eveneens geëvalueerd op twee verschillende bewerkingsdieptes (diep = 4 cm en ondiep = 2 cm).

De doelstelling bestaat erin volgende hypothese te onderbouwen a.d.h.v. een veldexperiment:

H.2: Bewerkingstype, -diepte en -intensiteit beïnvloeden de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldbezetting van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed.

Om deze hypothese te ondersteunen worden volgende onderzoeksvragen (OV) opgesteld:

OV 2.1: Verschillen bodemverstorende (mechanische) en niet bodemverstorende (thermische) vals zaaibed operaties in hun effect op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed?

OV 2.2: Beïnvloedt de bewerkingsdiepte, aangehouden tijdens de mechanische vals zaaibed bewerkingen, de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed?

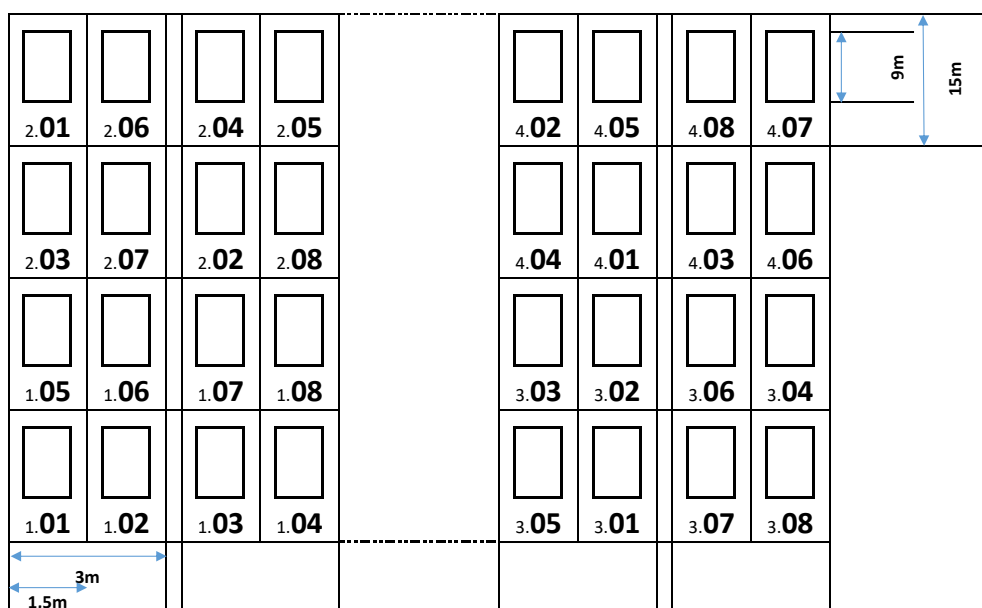
OV 2.3: Beïnvloedt de bewerkingsintensiteit van mechanische vals zaaibed bewerkingen (cfr. mate van bodembewerking op eenzelfde bewerkingsdiepte) de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed?

3.2.2.2 Proefopzet

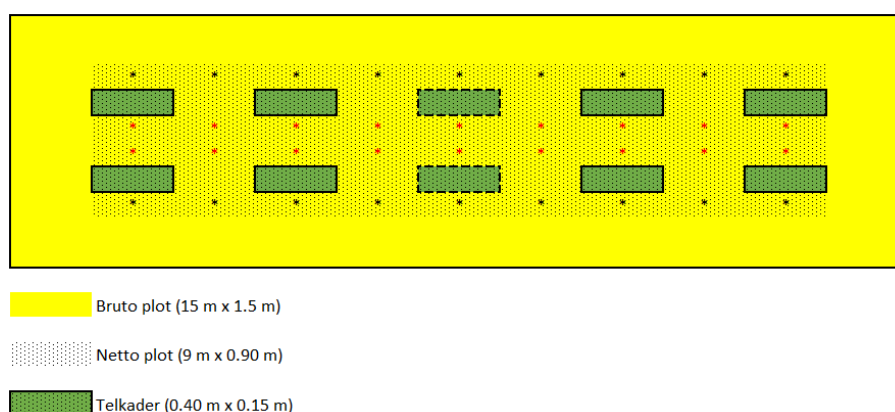
Bovenstaande onderzoeksvragen werden onderzocht door de impact van een niet bodemverstorende (thermische) techniek, alsook het effect van de bewerkingsdiepte en intensiteit van bodemverstorende (mechanische) bewerkingen, te evalueren a.d.h.v. een veldproef onder de vorm van een gerandomiseerde blokkenproef met 8 objecten en 4 parallellen per object (Figuur 17). Bij objecten 1 (Rd) en 2 (Ro) werd tijdens het vals zaaibed resp. diep (4 cm) en ondiep (2 cm) gerolschoffeld met een volleldsrolschoffel. Het rolschoffelen bij objecten 3 (RRd) en 4 (RRo) gebeurde eveneens diep en ondiep op resp. op 4 en 2 cm, maar de bewerking werd op ieder bewerkingsmoment tweemaal uitgevoerd in dezelfde rijrichting (met een tussenpauze van 15 min) om na te gaan of gekiemde en opgekomen onkruiden efficiënter afgedood worden, alsook of er een verschil is in kiemingsstimulus bij het intensiever beroeren van de bodem op eenzelfde diepte. Objecten 5 (Wd) en 6 (Wo) werden tijdens het vals zaaibed resp. diep (3-3.5 cm) en ondiep (1-1.5 cm) bewerkt met de wiede. Bij object 7 (Br) gebeurden de behandelingen thermisch met een stootbrander [zie 3.2.2.3 Gebruikte werktuigen]. In object 8 (CONTROLE) gebeurden geen bewerkingen, uitgezonderd een brandbeurt na de vierde veldtelling (zie hieronder).

De gerandomiseerde blokkenproef bestond uit 32 verschillende plots met een bruto lengte van 15 m. De veldtellingen en zaadbankanalyses werden enkel in de middelste 9 m (netto plot of meetzone; zie Figuur 18) uitgevoerd om randeffecten m.b.t. het verslepen van onkruidzaden tijdens mechanische bewerkingen te elimineren. De plotbreedte bedroeg 1.5 m (bruto) en 0.9 m (netto).

Tijdens alle veldtellingen (Tabel 18) werden per plot, m.b.v. een telkader (0.40 m x 0.15 m), alle opgekomen onkruiden geteld op 16 vaste posities, zoals aangegeven in Figuur 18. Bij de registratie werd steeds een onderscheid gemaakt tussen *Galinsoga* en andere onkruiden.



Figuur 17: Schematische voorstelling van de veldproef: gerandomiseerde blokkenproef met 8 objecten en 4 parallellen per object. Het objectnummer (1-8) is in het vet weergegeven.



Figuur 18: Detail specifieke plotindeling: bruto plot (geel), netto plot (gearceerd) en positionering telkaders (groen). * = Positie van bodemstaalname voor de zaadbanksanalyse voor de eerste vals zaaibed bewerking. * = Positie van bodemstaalname voor de zaadbanksanalyse na de laatste vals zaaibed bewerking.

Het vals zaaibed werd, na enkele voorafgaande bodembewerkingen en bemesting (Tabel 17), aangelegd op 02/07/2017 m.b.v. de rotoeg (bewerkingsdiepte 12-15 cm), onmiddellijk gevolgd door het aandrukken van de bewerkte bodem ter stimulatie van de onkruidkieming. Tijdens de vals zaaibed periode werd, voorafgaand aan iedere objectafhankelijke bewerking, een veldtelling uitgevoerd om de effectiviteit en het kiemingsstimulerend effect van de voorgaande bewerking te evalueren (Tabel 18). De eerste drie vals zaaibed bewerkingen (resp. op T1, T2 en T3) werden, in tegenstelling tot de vierde en vijfde bewerking (resp. op T4 en T5), als 100% effectief beschouwd m.b.t. de bestrijding van opgekomen *Galinsoga* zaailingen.²³ Tijdens de vijfde en zesde veldtelling werd, wegens een niet

²³ Voor oppervlakkig en/of diep wieden (Wo/Wd) is deze veronderstelling een overschatting. De eerste drie bewerkingen waren wellicht reeds niet 100% effectief in de bestrijding van *Galinsoga* zaailingen, maar het bestrijdingspercentage werd niet gekwantificeerd. De overige behandelingen (Br, Rd, Ro, RRd en RRo) waren wel 100% effectief op T1, T2 en T3.

afdoende bestrijding tijdens de vierde en vijfde (laatste) bewerking, in alle objecten een onderscheid gemaakt tussen nieuw opgekomen en overlevende *Galinsoga* zaailingen. Met deze info werd het mogelijk om het bestrijdingspercentage (BP) (%) van *Galinsoga* op telmoment x (Tx) als volgt te berekenen:

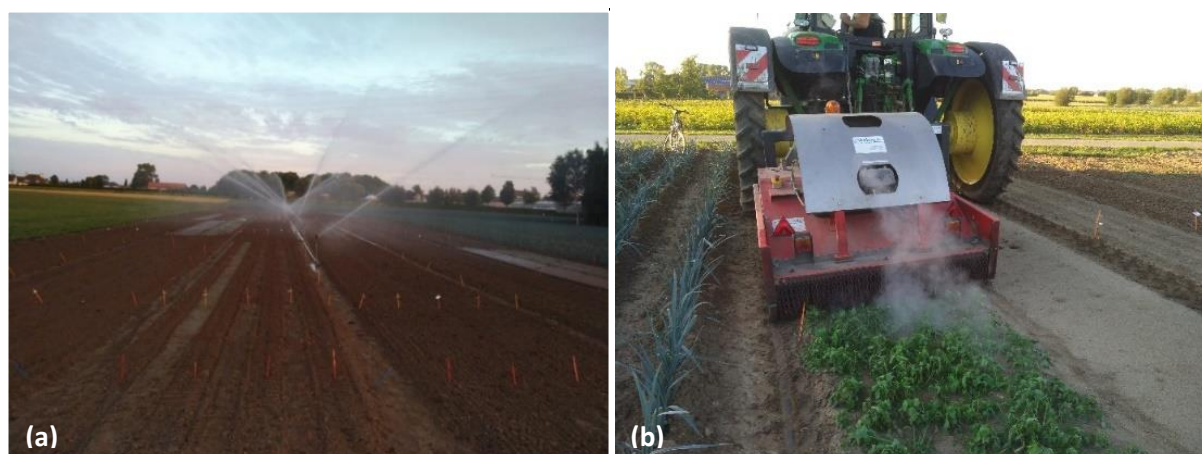
$$\text{BP op Tx (\%)} = 1 - \left(\frac{\text{Aantal overlevende Galinsoga zaailingen op T(x + 1)}}{\text{Totaal aantal Galinsoga zaailingen op Tx}} \right) * 100\%$$

Op 16/08/2017 werd, om levensvatbare zaadzetting te voorkomen, de onkruidpopulatie in object 8 (CONTROLE) na de vierde telbeurt integraal gebrand met de stootbrander, op analoge wijze als in object 7 (Br) (Figuur 19b). In de CONTROLE werd vanaf T4 de veldbezetting vervolgens als maximaal en constant beschouwd voor de resterende evaluatieperiode. De laatste vals zaaibed bewerkingen vonden plaats op 23/08/2017. Hierna volgden nog vier veldtellingen om het effect van de toegepaste techniek, bewerkingsdiepte en intensiteit van de bewerking in het vals zaaibed te evalueren naar veldbezetting van *Galinsoga* en andere zaadonkruiden na afloop van het vals zaaibed. De data m.b.t. de watergift gedurende de vals zaaibed periode (met een haspelinstallatie; zie Figuur 19a), worden weergegeven in Tabel 17 (analoog voor experiment 3).

Tabel 17: Bodembewerkingen en voorjaarsbemesting voorafgaand aan het vals zaaibed en de watergift tijdens de vals zaaibed periode op de proefpercelen van experimenten 2 en 3.

Datum	Activiteit	Opmerkingen
30/03/2017	Haspargit bemesting	Dosis: 667 kg ha ⁻¹ , 15% K ₂ O
18/04/2017	Inwerken groenbedekker (zomergerst)	Bewerking met de vollevelsfrees
21/04/2017	Bemesting runderstalmest	Dosis: 30 ton ha ⁻¹
04/05/2017	Oppervlakkig rotoeggen	Ingewerkt met vaste tandeg
16/05/2017	Bewerking met vaste tandeg	Bewerkingsdiepte: 3-5 cm
09/06/2017	Oppervlakkig schoffelen	Bewerkingsdiepte: 8-10 cm
22/06/2017	Oppervlakkig schoffelen	Bewerkingsdiepte: 3-5 cm
30/06/2017	Patentkali bemesting	Bewerkingsdiepte: 3-5 cm
02/07/2017	Diepwoelen (<i>Carré Neolab</i>)	Dosis: 300 kg ha ⁻¹ , 30% K ₂ O
	Diep rotoeggen gevolgd door aandrukken (aanleg vals zaaibed)	Bewerkingsdiepte: tot 50 cm
		Bewerkingsdiepte: 12-15 cm
30/07/2017	Watergift vals zaaibed ¹	Haspel: 5 mm
31/07/2017	Watergift vals zaaibed ¹	Haspel: 10 mm

¹ Ter stimulatie van de onkruidkieming gedurende de vals zaaibed periode.



Figuur 19: (a) Watergift (10 mm) op de proefpercelen van experimenten 2 en 3 m.b.v. een haspelinstallatie (31/07/2017). (b) Branden van de CONTROLE om levensvatbare zaadzetting te voorkomen (16/08/2017).

Tabel 18: Overzicht van de verschillende vals zaaibed behandelingen (objecten), data van installatie van het vals zaaibed, veldtellingen en vals zaaibed bewerkingen gedurende de vals zaaibed periode (T1-T5). De veldtellingen na afloop van het vals zaaibed vonden plaats op resp. 29/08/2017 (T6), 05/09/2017 (T7), 14/09/2017 (T8) en 21/09/2017 (T9). Van T1 t.e.m. T9 werden in alle objecten veldtellingen uitgevoerd, uitgezonderd in de CONTROLE waar er enkel werd geteld van T1 t.e.m. T4, gevolgd door een integrale brandbeurt op T4.

Object	Vals zaaibed behandeling	Installatie vals zaaibed	Veldtellingen en vals zaaibed bewerkingen ¹				
			T1	T2	T3	T4	T5
		02/07/2017	17/07/2017	26/07/2017	07/08/2017	16/08/2017	23/08/2017
1	Rd Rolschoffelen diep	x	Rd	Rd	Rd	Rd	Rd
2	Ro Rolschoffelen ondiep	x	Ro	Ro	Ro	Ro	Ro
3	RRd Rolschoffelen dubbel diep ²	x	RRd	RRd	RRd	RRd	RRd
4	RRo Rolschoffelen dubbel ondiep ²	x	RRo	RRo	RRo	RRo	RRo
5	Wd Wiedeggen diep	x	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd
6	Wo Wiedeggen ondiep	x	Wo	Wo	Wo	Wo	Wo
7	Br Branden	x	Br	Br	Br	Br	Br
8	CONTROLE	x				Br ³	

¹ Rolschoffelen (dubbel) diep (Rd en RRd = 4 cm diep), rolschoffelen (dubbel) ondiep (Ro en RRo = 2 cm diep), wiedeggen diep (Wd = 3-3.5 cm diep), wiedeggen ondiep (Wo = 1-1.5 cm diep), branden (Br = 150 kg propaan ha⁻¹, 1.2 km u⁻¹). Rolschoffelen en wiedeggen gebeurden steeds aan een snelheid van 5 km u⁻¹.

² 2x rolschoffelen (5 km u⁻¹) op dezelfde diepte (RRd = 4 cm, RRo = 2 cm), in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min.

³ Verricht om levensvatbare zaadzetting in de CONTROLE te voorkomen.

3.2.2.3 Gebruikte werktuigen

Het rolschoffelen gebeurde met een volleveldsrolschoffel (breedte = 1.5 m) geconstrueerd door *Vanhoucke agricultural machinery* (type: VKR 1500, bouwjaar 2016, 560 kg) (Figuur 20a/b). De rolschoffel is opgebouwd uit twee rollen (zorgen voor de verkruiemeling tijdens de bewerking) met daartussen twee rijen vaste V-vormige messen die door hun positie overlappend werken. Na het gelijkmatig vlakstellen van de messen werd de bewerkingsdiepte, afhankelijk van het object (diep = 4 cm of ondiep = 2 cm) (Tabel 18), telkens correct ingesteld via de driepuntsheffing van de trekker. Het rolschoffelen gebeurde steeds aan een rijsnelheid van 5 km u⁻¹.

De wiedeg, ingezet in experimenten 2 en 3, is van de Duitse machinefabrikant Treffler (type: TS 960 M3 5, bouwjaar 2014). Bij deze machine zijn de tanden niet vast, maar scharnierend aan een frame bevestigd. Dit garandeert een constante druk op iedere tand in geval van bodemoneffenheden. Elke tand is via een kabel en een trekveer verbonden met een centrale hefboom. De veerspanning wordt centraal geregeld via een hydraulische cilinder. De maximale werkbreedte van de wiedeg bedraagt 9.60 m. Niet uitgekapt, bedraagt de werkbreedte nog steeds 3 m. Hierdoor moest in experiment 2 de

werkbreedte gereduceerd worden van 3 m naar de (bruto) plotbreedte van 1.5 m. Dit gebeurde door de tanden aan de rechterzijde op te heffen m.b.v. een lattenconstructie (Figuur 20c). De objectafhankelijke bewerkingsdiepte (diep = 3-3.5 cm en ondiep = 1-1.5 cm) werd geregeld vanuit de trekker. Het wieden gebeurde steeds aan een rijsnelheid van 5 km u⁻¹.

De thermische behandelingen gebeurden met een volleldsbrander (breedte = 1.5 m) geconstrueerd door *Vanhoucke agricultural machinery* (type: T.H.BR.15, bouwjaar 2002, 540 kg) (Figuur 20d). De praktische werking is analoog aan de stootbrander ingezet in experiment 1 [zie 3.2.1.3 Gebruikte werktuigen]. Tijdens de behandelingen werd een rijsnelheid aangehouden van 1.2 km u⁻¹. Het gemiddelde propaanverbruik tijdens de bewerkingen werd geschat op 150 kg ha⁻¹.



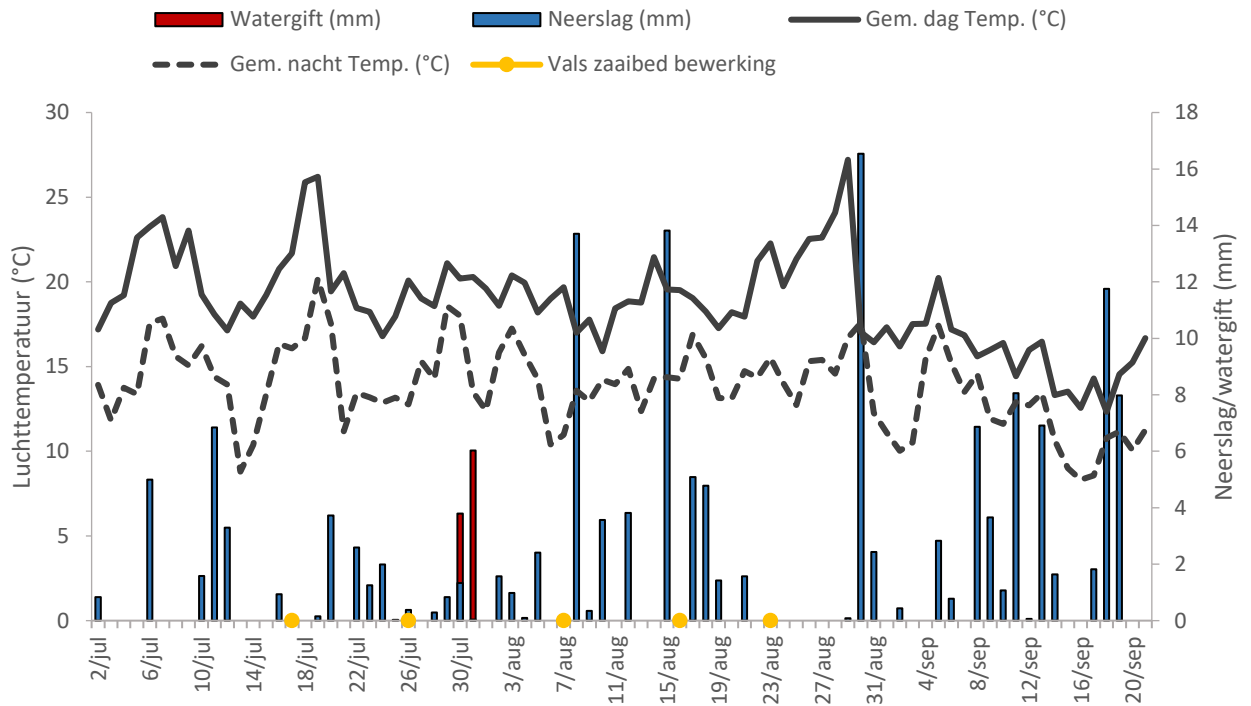
Figuur 20: Werktuigen ingezet tijdens de vals zaaibed operaties. (a/b) Volleldsrolschoffel (breedte = 1.5 m). (c) Treffler wiedeeg met gereduceerde werkbreedte (1.5 m). (d) Vollelds stootbrander (breedte = 1.5 m).

3.2.2.4 Weergegevens

In Tabel 19 wordt een overzicht gegeven van de weerparameters op de dag van de vals zaaibed bewerkingen. Figuur 21 geeft een overzicht van de gemiddelde dag- en nachttemperatuur (°C), dagelijkse neerslag (mm) en watergift (mm) tijdens en na de vals zaaibed periode.

Tabel 19: Gemiddelde dagtemperatuur, relatieve vochtigheid en lichtinstraling op het moment van de vals zaaibed bewerkingen. De bewerkingen werden uitgevoerd op dagen zonder neerslag.

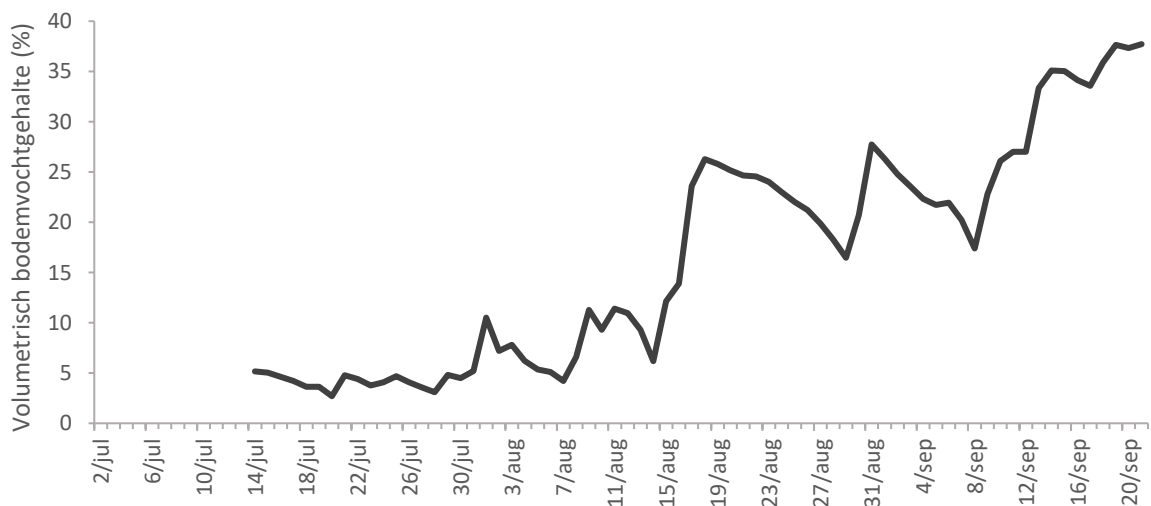
Datum	Gem. dag Temp. (°C)	Gem. RV (%)	Gem. lichtinstraling (W m ⁻²)
17/07/2017	21.7	50.6	381.5
26/07/2017	20.1	50.8	156.9
07/08/2017	19.7	41.7	663.1
16/08/2017	19.5	50.1	741.1
23/08/2017	22.3	66.1	315.6



Figuur 21: Gemiddelde dag- en nachttemperatuur, dagelijkse neerslag en watergift tijdens en na de vals zaaibed periode.

3.2.2.5 Bodemvochtmetingen

Het volumetrisch bodemvochtgehalte (%) werd tijdens en na de vals zaaibed periode continu en onverstoord opgevolgd in de onbehandelde controle m.b.v. een digitale bodemvochtlogger van *Decagon Devices* (MAS-1)²⁴. De registratie gebeurde op 5 cm onder het bodemoppervlak (Figuur 22). Het is duidelijk dat grote pieken qua stijging van het volumetrisch bodemvochtgehalte overeenstemmen met tijdstip van de geregistreerde regenbuien in Figuur 21.



Figuur 22: Opvolging van het volumetrisch bodemvochtgehalte in de onbehandelde controle (registratie 5 cm onder het bodemoppervlak) tijdens en na de vals zaaibed periode.

²⁴ De microprocessor van de MAS-1 (4-20 mA) meet de diëlektrische constante van de bodem en relateert vervolgens deze waarde m.b.v. een interne kalibratiefunctie aan het volumetrisch bodemvochtgehalte (%).

Om de impact van de verschillende behandelingstechnieken en bewerkingsdieptes op het bodemvochtgehalte en de bodemverdichting periodisch te bepalen, alsook om eventuele relaties tussen het bodemvochtgehalte en de kiemingsgolven te bestuderen, werd net voor iedere vals zaaibed bewerking in elk van de vier parallellen van de objecten Rd, Ro, Wd, Wo, Br en CONTROLE m.b.v. een grondboor en Kopecky-monsterringen (hoogte = 5 cm, diameter = 5 cm, volume = 100 cm^3 , massa $97.6 \pm 1.31 \text{ g}$) een bodemstaal genomen. Na de monsternamen werd bij elk staal de exacte massa van de ring en vochtige bodem bepaald, waarna alle stalen gedurende 18u gedroogd werden in een droogoven bij 105°C . Na drogen werd de massa van de ring en droge bodem opnieuw bepaald. Hieruit kon de bulkdensiteit ($\text{g droge bodem cm}^{-3}$), het gravimetrisch vochtgehalte ($\text{g water g}^{-1} \text{ droge bodem}$) en het volumetrisch vochtgehalte (g water cm^{-3}) worden berekend.

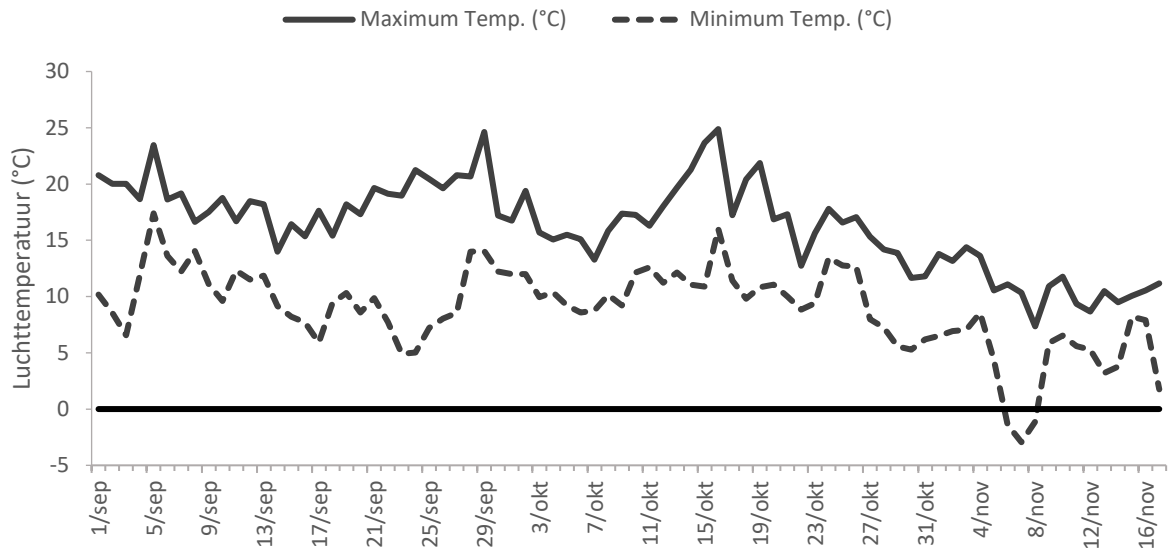
3.2.2.6 Zaadbankanalyse

Ter evaluatie van de oppervlakkige zaadbankdepletie werden zowel op 06/07/2017 (voor de eerste vals zaaibed bewerking) als op 25/08/2017 (na de laatste vals zaaibed bewerking) in iedere plot systematisch 18 bodemstalen genomen in de 0-5 cm toplaag zoals aangegeven in Figuur 18 (totaal bemonsteringsoppervlak = $\pm 226 \text{ cm}^2$). De 18 stalen per plot werden telkens als mengstaal ($\pm 1.130 \text{ L}$) bewaard in afzonderlijke en gelabelde plastic zakken.

De in totaal 64 verschillende mengstalen werden eveneens geanalyseerd a.d.h.v. de zaailing-opkomstmethode volgens de methodiek van Ter Heerdt *et al.* (1996), beschreven in experiment 1 [zie 3.2.1.5 Zaadbankanalyse]. Voorafgaand aan de natte zeping (op 01/08/2017) van de 32 mengstalen genomen voor de eerste vals zaaibed bewerking, werden deze bewaard bij een temperatuur van $4-5^\circ\text{C}$. Na drogen werd de restfractie bewaard in gelabelde plastic zakjes bij $1-2^\circ\text{C}$. Op 28/08/2017 werden de 32 mengstalen, genomen na de laatste vals zaaibed bewerking, na drie dagen bewaring bij $1-2^\circ\text{C}$ op analoge wijze opgeconcentreerd d.m.v. natte zeping. Het zaaien in trays van de gedroogde restfractie van alle stalen vond plaats tussen 30/08/2017 en 01/09/2017 (op analoge wijze als beschreven in experiment 1). Alle gekiemde en opgekomen onkruiden werden vervolgens per tray op regelmatige tijdstippen gedetermineerd, geteld, nauwkeurig geregistreerd en onmiddellijk verwijderd (om lichtexclusie te vermijden) gedurende een screeningsperiode van 11 weken (t.e.m. 17/11/2017).²⁵ De klimatologische condities in de plastic serre waren gedurende deze periode vergelijkbaar met de heersende buitentemperaturen (analoog voor experiment 3) (Figuur 23).

De berekening van enerzijds de absolute (zaden m^{-2}) en relatieve (%) zaadbankdensiteit en anderzijds de Shannon diversiteitsindex en Simpson (dominantie-)index, is analoog als beschreven in experiment 1 [zie 3.2.1.5 Zaadbankanalyse].

²⁵ Aangezien uit de zaadbankanalyse volgde dat er in de staalnames genomen na de laatste vals zaaibed bewerking (25/08/2017) systematisch meer levensvatbare *S. media* zaden aanwezig waren t.o.v. de situatie voor het vals zaaibed (06/07/2017), werd bij de berekening van de totale zaadbankdepletie in experimenten 2 en 3 de data m.b.t. *S. media* niet in rekening gebracht. Deze vaststelling is mogelijk te verklaren door de bewaarcondities van de mengstalen genomen voor de eerste vals zaaibed bewerking. De bewaar temperatuur bedroeg hierbij $4-5^\circ\text{C}$, terwijl kieming van *S. media* reeds kan plaatsvinden bij 4°C (Van der Vegte, 1978). Hierdoor kiemde waarschijnlijk een deel van de *S. media* zaadbank tijdens de bewaarperiode van de stalen genomen voor de eerste bewerking, waardoor geopteerd werd deze soort niet op te nemen in de resultaten van de totale zaadbankdepletie bij experimenten 2 en 3. Hoewel *P. annua* ook gekenmerkt wordt door een breed temperatuurinterval m.b.t. kieming ($5-30^\circ\text{C}$) (Hutchinson & Seymour, 1982) en Warwick (1979) zelfs kieming rapporteerde bij 2°C , deed deze problematiek zich enkel voor bij *S. media*.



Figuur 23: Maximum en minimum buitentemperatuur gedurende de screeningsperiode van de zaadbanken van experimenten 2 en 3.

3.2.2.7 Statistische verwerking

De berekeningen van de gemiddelde waarden en bijhorende standaardfouten, evenals de verdere statistische verwerking van de resultaten van alle veldtellingen, het bestrijdingspercentage op T4 en T5, het volumetrisch bodemvochtgehalte net voor iedere vals zaaibed bewerking en de resultaten van de zaadbankanalyses, gebeurden met het programma R (versie 3.4.3, 2017) en zijn volledig analoog als beschreven in experiment 1 [zie 3.2.1.6 Statistische verwerking].

Om te verifiëren of de bulkdensiteit significant toenam naarmate de vals zaaibed periode vorderde, werden enkelvoudige lineaire regressies verricht (binnen de technieken) tussen de bulkdensiteit en het tijdsverloop van de vals zaaibed periode (aantal dagen na installatie van het vals zaaibed). Dit gebeurde zowel bij Rd (4 cm diep rolschoffelen), Ro (2 cm diep rolschoffelen), Wd (3-3.5 cm diep wiedeggen), Wo (1-1.5 cm diep wiedeggen), Br (branden) en de CONTROLE. Om eventuele relaties aan te tonen tussen de kiemingsgolven en het volumetrisch bodemvochtgehalte werden eveneens lineaire regressies verricht tussen de waargenomen *Galinsoga* veldopkomst en het volumetrisch bodemvochtgehalte in de objecten Rd, Ro, Wd, Wo en Br.

3.2.3 Experiment 3: invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en veldopkomst

3.2.3.1 Doelstelling

De mechanische bewerkingsdiepte (schoffeldiepte) en de intensiteit van de vals zaaibed bewerkingen (combinatie van rolschoffelen en oppervlakkig wieden) beïnvloeden mogelijk de kiemingsstimulus tijdens de vals zaaibed periode. Dit zou bijgevolg ook een impact kunnen betekenen op de mate van oppervlakkige zaadbankdepletie. In experiment 3 wordt de impact van vier verschillende schoffeldieptes (1, 2, 3 en 4 cm) nagegaan op de reductie van de zaadbank in de 0-5 cm toplaag en de veldopkomst van *Galinsoga* spp. en andere zaadonkruiden tijdens en na de vals zaaibed periode. Eveneens wordt de impact van een gecombineerde mechanische behandeling (rolschoffelen gevolgd door oppervlakkig wieden (1-1.5 cm) na een tussenpauze van 15 min) vergeleken met eenzijdig rolschoffelen.

De doelstelling bestaat erin volgende hypothese te onderbouwen a.d.h.v. een veldexperiment:

H.3: De schoffeldiepte en bewerkingsintensiteit, aangehouden tijdens de vals zaaibed bewerkingen, beïnvloeden de mate van oppervlakkige zaadbankdepletie en veldbezetting van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed.

Om deze hypothese te ondersteunen worden volgende onderzoeksvragen (OV) opgesteld:

OV 3.1: Wat is het effect van de schoffeldiepte, aangehouden tijdens de vals zaaibed bewerkingen, op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed?

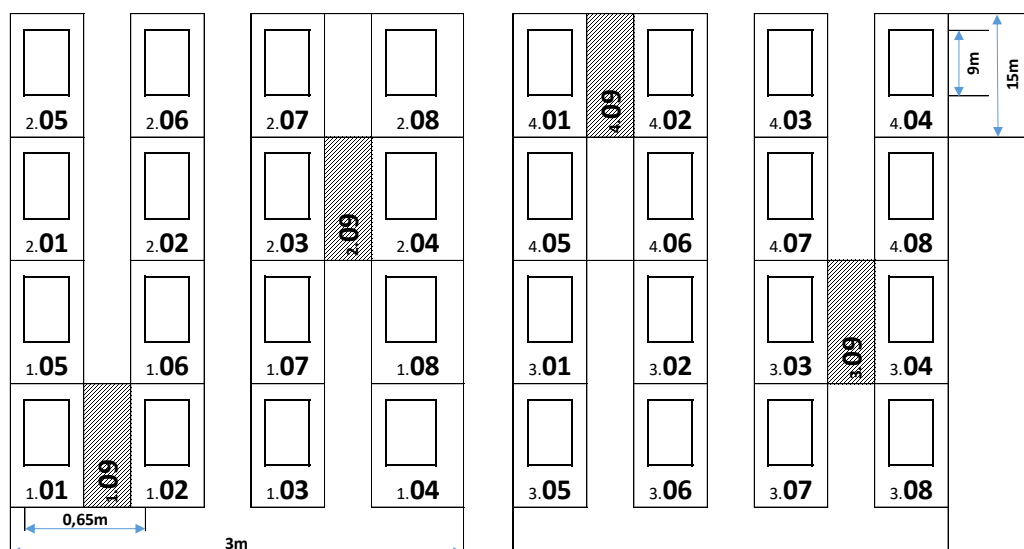
OV 3.2: Wat is het effect van additioneel wieden na rolschoffelen op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed?

3.2.3.2 Proefopzet

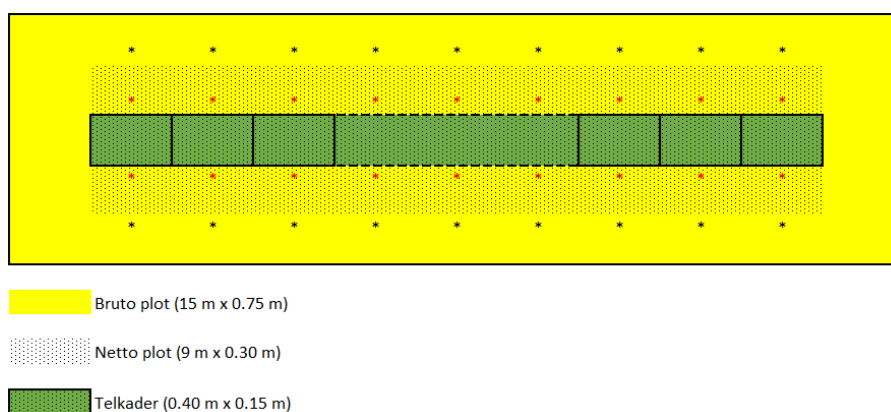
Bovenstaande onderzoeksvragen werden onderzocht door de impact van de schoffeldiepte en een gecombineerde mechanische behandeling te evalueren a.d.h.v. een veldproef onder de vorm van een blokkenproef met 9 objecten en 4 parallellen per object (Figuur 24). De vals zaaibed bewerkingen bij objecten 1-4 gebeurden mechanisch (rolschoffelen) op een diepte van resp. 1 cm (R1), 2 cm (R2), 3 cm (R3) en 4 cm (R4). Bij objecten 5-8 vond een gecombineerde mechanische behandeling plaats, nl. rolschoffelen op een diepte van resp. 1, 2, 3 en 4 cm, gevolgd door oppervlakkig wieden (1-1.5 cm) in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min (R1+W, R2+W, R3+W en R4+W). De combinatie met oppervlakkig wieden werd onderzocht om na te gaan of deze strategie leidt tot een extra bestrijding van gekiemde (en opgekomen) onkruiden en/of dit een extra kiemingsstimulus teweegbrengt t.o.v. eenzijdig rolschoffelen. In object 9 (CONTROLE) gebeurden geen bodemverstorende bewerkingen.

De blokkenproef bestond uit 36 verschillende plots met een bruto lengte van 15 m. De veldtellingen en zaadbankanalyses werden enkel in de middelste 9 m (netto plot of meetzone; zie Figuur 25) uitgevoerd om randeffecten m.b.t. het verslepen van onkruidzaden tijdens mechanische bewerkingen te elimineren. De plotbreedte bedroeg 0.75 m (bruto) en 0.30 m (netto), wat overeenstemt met de breedte van een rolschoffelelement van de strokenrolschoffel (Figuur 26a/b).

Tijdens alle veldtellingen (Tabel 20) werden per plot, m.b.v. een telkader (0.40 m x 0.15 m), alle opgekomen onkruiden geteld op 16 vaste posities, gelegen in een rechte lijn in het midden van de netto plot, zoals aangegeven in Figuur 25. De afstand tussen twee telplaatsen bedroeg ± 0.15 m. Bij de registratie werd steeds een onderscheid gemaakt tussen *Galinsoga* en andere onkruiden.



Figuur 24: Schematische voorstelling van de veldproef: blokkenproef met 9 objecten en 4 parallellen per object. Het objectnummer (1-9) is in het vet weergegeven.



Figuur 25: Detail specifieke plotindeling: bruto plot (geel), netto plot (gearceerd) en positionering telkaders (groen). * = Positie van bodemstaalname voor de zaadbanksanalyse voor de eerste vals zaaibed bewerking. * = Positie van bodemstaalname voor de zaadbanksanalyse na de laatste vals zaaibed bewerking.

Het vals zaaibed werd, na enkele voorafgaande bodembewerkingen en bemesting (Tabel 17), aangelegd op 02/07/2017 m.b.v. de rotores (bewerkingsdiepte 12-15 cm), onmiddellijk gevolgd door het aandrukken van de bewerkte bodem ter stimulatie van de onkruidkieming. Tijdens de vals zaaibed periode werd, voorafgaand aan iedere objectafhankelijke bewerking, een veldtelling uitgevoerd om de effectiviteit en het kiemingsstimulerend effect van de voorgaande bewerking te evalueren (Tabel 20). De eerste drie vals zaaibed bewerkingen (resp. op T1, T2 en T3) werden, in tegenstelling tot de vierde en vijfde bewerking (resp. op T4 en T5), als 100% effectief beschouwd m.b.t. de bestrijding van opgekomen *Galinsoga* zaailingen. Tijdens de vijfde en zesde veldtelling werd, wegens een niet afdoende bestrijding tijdens de vierde en vijfde (laatste) bewerking, in alle objecten een onderscheid gemaakt tussen nieuw opgekomen en overlevende *Galinsoga* zaailingen. De berekening van het bestrijdingspercentage bij de verschillende behandelingen op T4 en T5 gebeurde op analoge wijze als beschreven in experiment 2 [zie 3.2.2.2 Proefopzet].

Op 16/08/2017 werd, om levensvatbare zaadzetting te voorkomen, de onkruidpopulatie in object 9 (CONTROLE) na de vierde telbeurt bovengronds afgeknipt zonder enige bodemverstoring te veroorzaken. In de CONTROLE werd vanaf T4 de veldbezetting vervolgens als maximaal en constant beschouwd voor de resterende evaluatieperiode. De laatste vals zaaibed bewerkingen, alsook een

thermische behandeling van de controleplots met een handbrander, vonden plaats op 22/08/2017. Hierna volgden nog vier veldtellingen om het effect van de schoffeldiepte en het additioneel oppervlakkig wieden tijdens het vals zaaibed te evalueren naar veldbezetting van *Galinsoga* spp. en andere zaadonkruiden na afloop van het vals zaaibed. Data m.b.t. de watergift (ter stimulatie van de onkruidkieming wegens onvoldoende natuurlijke neerslag tijdens de vals zaaibed periode) zijn analoog als in experiment 2 en worden weergegeven in Tabel 17.

Tabel 20: Overzicht van de verschillende vals zaaibed behandelingen (objecten), data van installatie vals zaaibed, veldtellingen en vals zaaibed bewerkingen gedurende de vals zaaibed periode (T1-T5). De veldtellingen na afloop van het vals zaaibed vonden plaats op resp. 29/08/2017 (T6), 05/09/2017 (T7), 14/09/2017 (T8) en 21/09/2017 (T9). Van T1 t.e.m. T9 werden in alle objecten veldtellingen uitgevoerd, uitgezonderd in de CONTROLE waar er enkel werd geteld van T1 t.e.m. T4, gevolgd door het bovengronds wegnippen van de onkruidpopulatie op T4.

Object	Vals zaaibed behandeling	Installatie vals zaaibed 02/07/2017	Veldtellingen en vals zaaibed bewerkingen ¹				
			T1 17/07/2017	T2 26/07/2017	T3 06/08/2017	T4 16/08/2017	T5 22/08/2017
1	R1 Rolschoffelen (1 cm)	x	R1	R1	R1	R1	R1
2	R2 Rolschoffelen (2 cm)	x	R2	R2	R2	R2	R2
3	R3 Rolschoffelen (3 cm)	x	R3	R3	R3	R3	R3
4	R4 Rolschoffelen (4 cm)	x	R4	R4	R4	R4	R4
5	R1+W Rolschoffelen (1 cm) + Wiedeggen (1-1.5 cm)	x	R1+W	R1+W	R1+W	R1+W	R1+W
6	R2+W Rolschoffelen (2 cm) + Wiedeggen (1-1.5 cm)	x	R2+W	R2+W	R2+W	R2+W	R2+W
7	R3+W Rolschoffelen (3 cm) + Wiedeggen (1-1.5 cm)	x	R3+W	R3+W	R3+W	R3+W	R3+W
8	R4+W Rolschoffelen (4 cm) + Wiedeggen (1-1.5 cm)	x	R4+W	R4+W	R4+W	R4+W	R4+W
9	CONTROLE	x				Wegknippen ²	Handbranden ²

¹ R1, R2, R3, R4 = rolschoffelen op een diepte van resp. 1, 2, 3 en 4 cm. R1+W, R2+W, R3+W, R4+W = rolschoffelen op een diepte van resp. 1, 2, 3 en 4 cm gevolgd door oppervlakkig wieden (1-1.5 cm) in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min. Zowel rolschoffelen als oppervlakkig wieden gebeurden aan een snelheid van 5 km u⁻¹.

² Verricht om levensvatbare zaadzetting in de CONTROLE te voorkomen.

3.2.3.3 Gebruikte werktuigen

Het rolschoffelen gebeurde met dezelfde strokenrolschoffel als voorgesteld in experiment 1 [zie 3.2.1.3 Gebruikte werktuigen]. Echter, de messen van de vier rolschoffelelementen werden in dit experiment op een verschillende bewerkingsdiepte (1, 2, 3 en 4 cm) ingesteld. Deze constructie liet toe om vier naast elkaar liggende plots te behandelen in één werkgang (Figuur 26a/b).

De wiedeg is analoog als in experiment 2 [zie 3.2.2.3 Gebruikte werktuigen] (Figuur 26c/d). In experiment 3 was het echter niet nodig de werkbreedte van de niet uitgeklapte wiedeg (3 m) te reduceren. De bruto breedte van vier naast elkaar liggende plots bedroeg immers exact 3 m. Zowel het rolschoffelen als het wiedeggen gebeurde steeds aan een rijsnelheid van 5 km u⁻¹.



Figuur 26: Werktuigen ingezet tijdens de vals zaaibed operaties. (a/b) Strokenrolschoffel met vier rolschoffelelementen (breedte = 30 cm) v.l.n.r. ingesteld op een bewerkingsdiepte van resp. 1, 2, 3 en 4 cm. (c/d) Treffler wiedeg (breedte = 3 m) ingesteld op een bewerkingsdiepte van 1-1.5 cm.

3.2.3.4 Weergegevens

In Tabel 21 wordt een overzicht gegeven van de weerparameters op de dag van de vals zaaibed bewerkingen. Een overzicht van de gemiddelde dag- en nachttemperatuur (°C), dagelijkse neerslag (mm) en watergift (mm) tijdens en na de vals zaaibed periode is analoog als in experiment 2 en wordt weergegeven in Figuur 21 [zie 3.2.2.4 Weergegevens].

Tabel 21: Gemiddelde dagtemperatuur, relatieve vochtigheid en lichtinstraling op het moment van de vals zaaibed bewerkingen. De bewerkingen werden uitgevoerd op dagen zonder neerslag.

Datum	Gem. dag Temp. (°C)	Gem. RV (%)	Gem. lichtinstraling (W m ⁻²)
17/07/2017	21.7	50.6	381.5
26/07/2017	20.1	50.8	156.9
06/08/2017	19.0	40.0	540.4
16/08/2017	19.5	50.1	741.1
22/08/2017	21.2	59.6	252.0

3.2.3.5 Zaadbankanalyse

Ter evaluatie van de oppervlakkige zaadbankdepletie werden zowel op 06/07/2017 (voor de eerste vals zaaibed bewerking) als op 25/08/2017 (na de laatste vals zaaibed bewerking) in iedere plot systematisch 18 bodemstalen genomen in de 0-5 cm toplaag zoals aangegeven in Figuur 25 (totaal bemonsteringsoppervlak = $\pm 226 \text{ cm}^2$). De 18 stalen per plot werden telkens als mengstaal ($\pm 1.130 \text{ L}$) bewaard in afzonderlijke en gelabelde plastic zakken.

De in totaal 72 verschillende mengstalen werden eveneens geanalyseerd a.d.h.v. de zaailing-opkomstmethode, volgens de methodiek van Ter Heerdt *et al.* (1996), beschreven in experiment 1 [zie 3.2.1.5 Zaadbankanalyse]. Voorafgaand aan de natte zeving (op 01/08/2017) van de 36 mengstalen genomen voor de eerste vals zaaibed bewerking, werden deze bewaard bij een temperatuur van 4-5°C. Na drogen werd de restfractie bewaard in gelabelde plastic zakjes bij 1-2°C. Op 28/08/2017 werden de 36 mengstalen, genomen na de laatste vals zaaibed bewerking, na drie dagen bewaring bij 1-2°C op analoge wijze opgeconcentreerd d.m.v. natte zeving. Het zaaien in trays van de gedroogde restfractie van alle stalen vond plaats tussen 30/08/2017 en 01/09/2017 (op analoge wijze als beschreven in experiment 1). Alle gekiemde en opgekomen onkruiden werden vervolgens per tray op regelmatige tijdstippen gedetermineerd, geteld, nauwkeurig geregistreerd en onmiddellijk verwijderd gedurende een screeningsperiode van 11 weken (t.e.m. 17/11/2017). De klimatologische condities in de plastic serre waren gedurende deze periode vergelijkbaar met de heersende buitentemperaturen (Figuur 23).

De berekening van enerzijds de absolute (zaden m^{-2}) en relatieve (%) zaadbankdensiteit en anderzijds de Shannon diversiteitsindex en Simpson (dominantie-)index, zijn analoog als beschreven in experiment 1 [zie 3.2.1.5 Zaadbankanalyse].

3.2.3.6 Statistische verwerking

De berekeningen van de gemiddelde waarden en bijhorende standaardfouten, evenals de verdere statistische verwerking van de resultaten van alle veldtellingen, het bestrijdingspercentage op T4 en T5 en de zaadbankanalyses, gebeurden met het programma R (versie 3.4.3, 2017) en zijn volledig analoog als beschreven in experiment 1 [zie 3.2.1.6 Statistische verwerking].

3.2.4 Experiment 4: diepte-opkomst proef

3.2.4.1 Doelstelling

Kennis omtrent de maximale opkomstdiepte van een onkruidsoort geeft o.a. een indicatie omtrent de nodige licht- en (wissel)temperatuurbehoefte voor kiemingsinitiatie (gevolgd door opkomst) en kan nuttig zijn m.b.t. het preventief voorkomen van kieming (vb. bij het bepalen van de optimale laagdikte van een dode mulch [zie 2.2.4.1.2 Overige methoden]). Ook bij het achterhalen van de ideale bewerkingsdiepte van mechanische valse zaaibed bewerkingen, die intrinsiek telkens zaden in kiempositie brengen, kan deze info een meerwaarde betekenen. Uit de literatuur blijkt *Galinsoga* opkomst te vertonen vanaf een maximale diepte van 4-10 mm (De Cauwer *et al.*, 2013). Om nieuwe kieming te minimaliseren moet tijdens de laatste valse zaaibed bewerking ondieper bewerkt worden dan de maximale opkomstdiepte van de aanwezige *Galinsoga* populatie. Momenteel ontbreekt echter kennis omtrent de te verwachten variatie in maximale opkomstdiepte van *Galinsoga*. De diepte-opkomst relaties worden mogelijk ook beïnvloed door pedologische factoren. Bodemtexturen kunnen bijvoorbeeld sterk variëren in hun zandfractie (zand %), wat mogelijk de kieming en opkomst van begraven zaden beïnvloedt. In experiment 4 worden de diepte-opkomst relaties (o.a. de maximale opkomstdiepte) van 10 *G. parviflora* en 30 *G. quadriradiata* populaties onderzocht in een zand en zandleem substraat.

De doelstelling van dit experiment bestaat erin volgende hypothese te onderbouwen a.d.h.v. een gerandomiseerde pottenproef:

H.4: De diepte-opkomst relatie van *Galinsoga* is populatie- en bodemtextuur-afhankelijk.

Om deze hypothese te ondersteunen worden volgende onderzoeksvragen (OV) opgesteld:

OV 4.1: Vertonen *Galinsoga* spp. inter-soort en -populatie verschillen in hun diepte-opkomst relaties?

OV 4.2: Hoe groot is de variatie in maximale opkomstdiepte binnen en tussen *Galinsoga* spp.?

OV 4.3: Beïnvloedt de bodemtextuur (zand %) de opkomst van *Galinsoga* spp.?

3.2.4.2 Populaties

Tabel 22 geeft een overzicht van de herkomst en het gemiddeld duizendkorrelgewicht van 10 *G. parviflora* (GASPA) en 30 *G. quadriradiata* (GASCI) populaties, verzameld op biologische groentenpercelen (minstens reeds vijf jaar onder biologisch beheer) bij verschillende telers. De afstand tussen de populaties bedroeg doorgaans minstens vijf km. In het vroege voorjaar van 2017 (periode 10/03/2017 - 07/04/2017) werd de zaadbank van de 40 beschouwde percelen bemonsterd tot op een diepte van 20 cm.²⁶ Vervolgens werden tijdens de zaadbankanalyse van ieder perceel (zaailing-opkomstmethode volgens Ter Heerdt *et al.* (1996)) 20 kiemende knopkruidplanten uitgeplant in vollegrond op antiworteldoek en omgeven door een insecten- en pollendichte gaasfolie. Zo werd genetische contaminatie tussen de verschillende populaties uitgesloten. Alle moederplanten werden in dezelfde bodem opgekweekt, alsook werden even oude zaden gelijktijdig geoogst om verschillen in dormantie, te wijten aan de leeftijd van het zaad of de groeiomstandigheden van de moederplanten, te voorkomen.

²⁶ Er werd voor dit experiment dieper bemonsterd vergeleken met de zaadbankanalyses bij de valse zaaibed experimenten. In het kader van dit experiment was het immers belangrijk om niet enkel de oppervlakkige, maar de ganse *Galinsoga* zaadbank van de percelen representatief te vertegenwoordigen.

Tabel 22: Populatienunder, herkomst en gemiddeld duizendkorrelgewicht (DKG) van resp. 10 *G. parviflora* (GASPA) en 30 *G. quadricornata* (GASCI) populaties.

Populatie-nummer	Herkomst	Provincie	Soort	DKG ± SE (mg)
4b	Wevelgem	W-Vlaanderen	GASPA	225 ± 1.1
5	Wevelgem	W-Vlaanderen	GASPA	223 ± 5.3
13	Ranst	Antwerpen	GASPA	227 ± 3.0
24	Wachtebeke	O-Vlaanderen	GASPA	245 ± 3.2
28	Bornem	Antwerpen	GASPA	224 ± 2.3
29	Puurs	Antwerpen	GASPA	224 ± 0.6
32b	Herentals	Antwerpen	GASPA	225 ± 2.6
46	Grobbendonk	Antwerpen	GASPA	242 ± 2.2
47	Grobbendonk	Antwerpen	GASPA	230 ± 2.9
51	Poperinge	W-Vlaanderen	GASPA	236 ± 0.6
4a	Wevelgem	W-Vlaanderen	GASCI	205 ± 1.2
6	Handzame	W-Vlaanderen	GASCI	241 ± 6.1
7	Pittem	W-Vlaanderen	GASCI	260 ± 1.9
8	Oostkamp	W-Vlaanderen	GASCI	229 ± 7.7
9	Waardamme	W-Vlaanderen	GASCI	257 ± 3.3
10	Nijlen	Antwerpen	GASCI	243 ± 2.6
11	Schilde	Antwerpen	GASCI	240 ± 2.0
12	Schilde	Antwerpen	GASCI	249 ± 3.4
14	Zulte	O-Vlaanderen	GASCI	247 ± 3.1
15	Deinze	O-Vlaanderen	GASCI	232 ± 2.6
16	Poperinge	W-Vlaanderen	GASCI	240 ± 1.8
17	Poperinge	W-Vlaanderen	GASCI	220 ± 1.5
20	Moeskroen	Henegouwen	GASCI	215 ± 2.5
21	Moeskroen	Henegouwen	GASCI	234 ± 4.3
22	Herzele	O-Vlaanderen	GASCI	232 ± 3.1
23	Ternat	VI-Brabant	GASCI	233 ± 3.2
25	Wachtebeke	O-Vlaanderen	GASCI	237 ± 2.0
26	Stekene	O-Vlaanderen	GASCI	254 ± 0.5
32a	Herentals	Antwerpen	GASCI	250 ± 2.8
33	Langemark	W-Vlaanderen	GASCI	233 ± 1.0
34	Lo-Reninge	W-Vlaanderen	GASCI	243 ± 1.3
35	Lo-Reninge	W-Vlaanderen	GASCI	227 ± 1.9
36	Houthulst	W-Vlaanderen	GASCI	249 ± 1.7
37	Rumbeke-Beitem	W-Vlaanderen	GASCI	247 ± 1.3
38	Alveringem	W-Vlaanderen	GASCI	224 ± 2.8
40	Lauwe	W-Vlaanderen	GASCI	239 ± 1.4
41	Moerbeke	O-Vlaanderen	GASCI	244 ± 1.3
45	Halle	VI-Brabant	GASCI	207 ± 2.5
48	Turnhout	Antwerpen	GASCI	247 ± 1.4
49	Sint-Lievens-Esse	O-Vlaanderen	GASCI	243 ± 1.8

3.2.4.3 Gebruikt kiemsuubstraat

Aangezien *Galinsoga* goed gedijt op lichte bodemtypes (zand en zandleem) [zie 2.2.2.2 Pedohydrologische factoren] werden de diepte-opkomst relaties van de 40 populaties onderzocht in een gestoomde humeuze zandbodem (84% zand, afkomstig van een moestuin in Heusden) en in een gestoomde zandleembodem (38% zand, afkomstig van de proefhoeve in Melle). Details omtrent de fysico-chemische samenstelling van de kiemsuubstraten worden weergegeven in Tabel 23.

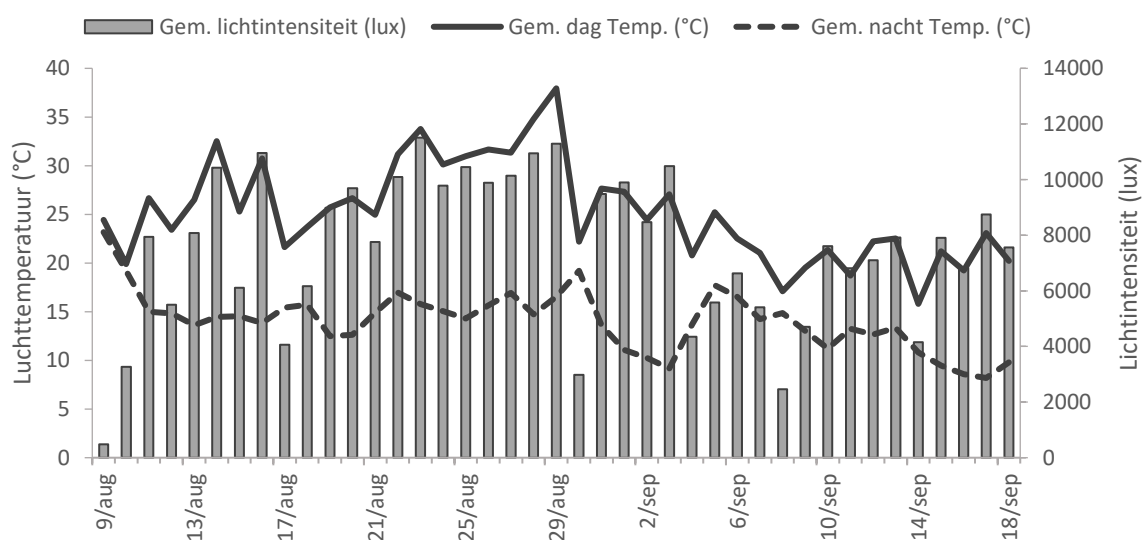
Tabel 23: Fysico-chemische samenstelling van de geteste bodemsubstraattypes.

	Zandleem (Melle)	Zand (Heusden)
pH-KCl	5.65	5.37
NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	72.7	*NB
NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)	42.3	*NB
P (mg kg ⁻¹)	192	*NB
K (mg kg ⁻¹)	151	*NB
Na (mg kg ⁻¹)	27	*NB
Ca (mg kg ⁻¹)	2017	*NB
OC (%)	1.11	4.11
klei (%)	9	1
leem (%)	53	15
zand (%)	38	84

*NB = niet bekend

3.2.4.4 Proefopzet

Voor de 10 *G. parviflora* en 30 *G. quadriradiata* populaties werden de diepte-opkomst relaties bepaald d.m.v. een gerandomiseerde pottenproef (Figuur 28). Iedere populatie werd gezaaid²⁷ in ronde plastic potjes (diameter 9.5 cm, hoogte 7 cm) op vijf verschillende dieptes (0, 2, 4, 8 en 16 mm) met telkens vier parallellen per begraafdiepte en dit in resp. het zand en zandleem substraat. De verse zaden (25 per potje) werden homogeen verspreid over het oppervlak, uniform afgedekt met het desbetreffende gezeefde substraat (2 mm) (zand of zandleem) en zorgvuldig aangedrukt om scheuren tijdens het verdere verloop van de proef te voorkomen. Nadien werden de 40 populaties in een plastic serre met een sprinkler beregening geplaatst. Aangezien de kieming van *Galinsoga* vochtminnend is (en het in dit experiment de bedoeling was om het maximaal opkomstvermogen na te streven), werd de *overhead* bevochtiging zodanig ingesteld om de veldcapaciteit continu te benaderen (gemiddeld 3.6 mm verdeeld over drie benevelingsbeurten (8u, 16u, 20u) per etmaal). De niet-gecontroleerde klimatologische condities in de plastic serre werden gemonitord t.e.m. 18/09/2017 (Figuur 27). De gemiddelde dag- en nachttemperatuur gedurende de eerste 40 dagen na installatie van de proef bedroegen resp. 25.5°C en 14.1°C.

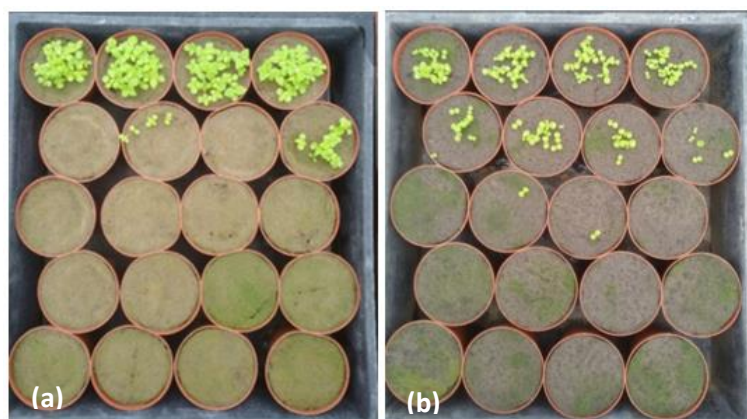


Figuur 27: Gemiddelde dag- en nachttemperatuur en lichtintensiteit in de plastic serre gedurende de eerste 40 dagen na de installatie van de diepte-opkomst proef.

²⁷ Het zaaien gebeurde op 09/08/2017 en 10/08/2017.

De opgekomen kiemplanten werden gedurende zes telbeurten gescreend.²⁸ Bij iedere telbeurt werden de geregistreerde kiemplanten net boven het bodemoppervlak afgeknipt, zonder enige bodemverstoring te veroorzaken. Zo bleef nakieming verzekerd, werden mogelijke schimmelinfecties vroegtijdig geëlimineerd en werd voorkomen dat begraven zaden verplaatst werden door een verstoring van de deklaag.

Tevens wordt opgemerkt dat met deze proefopzet enkel de opkomstdiepte onderzocht werd. Na afloop van de proef werd de vitaliteit van de niet-opgekomen zaden niet geverifieerd, bijvoorbeeld met een tetrazolium test (Sawma & Mohler, 2002). Het is dan ook niet duidelijk of er eventueel sprake was van fatale kieming. Indien dit het geval was, ligt de maximale kiemingsdiepte dieper dan de maximale opkomstdiepte.



Figuur 28: Invloed van de begraafdiepte (van boven naar onder handmatig geschikt: 0, 2, 4, 8 en 16 mm, vier parallellen per diepte) op de opkomst (12 dagen na zaai) van populatie 35 (Lo-Reninge) in (a) een zandleembodem (38% zand) en (b) een humeuze zandbodem (84% zand).

3.2.4.5 Statistische verwerking

Alle opkomstgegevens werden uitgedrukt in opkomstpercentages. De berekening van de gemiddelde waarden en bijhorende standaardfouten, evenals de verdere statistische verwerking van de resultaten, gebeurde met het programma R (versie 3.4.3, 2017). De homoscedasticiteit en normaliteit van de data werd steeds getest met resp. de Modified Levene test en de Kolmogorov-Smirnov normaliteitstest ($p > 0.05$). Wanneer geen normaliteit werd vastgesteld, werd deze data getransformeerd met een Box-Cox of boogsinus functie.

Vervolgens werd een 3-weg ANOVA doorgevoerd met de factoren herkomst (populatie), begraafdiepte en bodemtextuur om te verifiëren welke factoren en interacties significant zijn volgens het 5% significantieniveau. De interacties tussen bodemtextuur en begraafdiepte ($p = 9.53 \cdot 10^{-4}$) en tussen begraafdiepte en populatie ($p = 2.56 \cdot 10^{-15}$) waren beiden significant, in tegenstelling tot de interactie tussen bodemtextuur en populatie ($p = 0.997$) en de 3-weg interactie tussen bodemtextuur, begraafdiepte en populatie ($p = 0.999$).

Een tweede 3-weg ANOVA met de factoren soort, begraafdiepte en bodemtextuur werd eveneens doorgevoerd om na te gaan welke factoren en interacties significant zijn volgens het 5% significantieniveau. Naast de significante interactie tussen bodemtextuur en begraafdiepte bleken eveneens de interacties tussen begraafdiepte en soort ($p < 2.00 \cdot 10^{-16}$) en tussen bodemtextuur en

²⁸ De opgekomen kiemplanten werden geteld, geregistreerd en vervolgens bovengronds afgeknipt op 21/08/2017, 04/09/2017, 15/09/2017, 26/09/2017, 12/10/2017 en 25/10/2017.

soort ($p = 1.59 \cdot 10^{-2}$) significant. De 3-weg interactie tussen bodemtextuur, begraafdiepte en soort was niet significant ($p = 0.058$).

Op basis van de aangetoonde significante interacties werd de volledige dataset vervolgens gesplitst in deelsets (Tabel 24), steeds gecontroleerd op de assumpties van homoscedasticiteit en normaliteit met resp. de Modified Levene test en de Kolmogorov-Smirnov normaliteitstest ($p > 0.05$). Bij ieder onderzoeksaspect werden eventuele significante verschillen aangetoond a.d.h.v. een 1-weg ANOVA en Tukey HSD test (in geval van homoscedasticiteit/normaliteit) of een niet-parametrische test (Kruskal-Wallis test) gevolgd door de Bonferroni test (geen homoscedasticiteit/normaliteit) ($p < 0.05$) (Tabel 24).

Tabel 24: Significante interacties op basis van de doorgevoerde 3-weg ANOVA's, bijhorende onderzoeksaspecten met analyses en gebruikte deelsets.

Significante interactie	Onderzoeksaspect	Analyse	Deelsets
Begraafdiepte:Populatie ($p = 2.56 \cdot 10^{-15}$)	<i>Maximale opkomstdiepte¹</i>	Gemiddelde opkomst $\pm$ SE (%) van iedere populatie op vijf verschillende begraafdieptes	<u>40 populaties</u> : significante verschillen tussen de vijf begraafdieptes binnen eenzelfde populatie aantonen
Begraafdiepte:Soort ($p < 2.00 \cdot 10^{-16}$)	<i>Differentieel diepte-opkomst gedrag tussen <i>Galinsoga</i> spp.</i>	Gemiddelde opkomst $\pm$ SE (%) van beide soorten op vijf verschillende begraafdieptes	<u>2 soorten</u> : significante verschillen tussen de vijf begraafdieptes binnen eenzelfde soort aantonen <u>5 begraafdieptes</u> : significante verschillen tussen beide soorten binnen eenzelfde begraafdiepte aantonen
Bodemtextuur:Begraafdiepte ($p = 9.53 \cdot 10^{-4}$)	<i>Invloed van begraafdiepte en bodemtextuur op <i>Galinsoga</i> opkomst</i>	Gemiddelde opkomst $\pm$ SE (%) bij beide bodemtexturen op vijf verschillende begraafdieptes	<u>2 bodemtexturen</u> : significante verschillen tussen de vijf begraafdieptes binnen eenzelfde bodemtextuur aantonen <u>5 begraafdieptes</u> : significante verschillen tussen beide bodemtexturen binnen eenzelfde begraafdiepte aantonen
Bodemtextuur:Soort ($p = 1.53 \cdot 10^{-2}$)	<i>Invloed van bodemtextuur op opkomst van <i>G. quadriradiata</i> en <i>G. parviflora</i></i>	Gemiddelde opkomst $\pm$ SE (%) van beide soorten in beide bodemtexturen	<u>2 soorten</u> : significante verschillen tussen beide bodemtexturen binnen eenzelfde soort aantonen <u>2 bodemtexturen</u> : significante verschillen tussen beide soorten binnen eenzelfde bodemtextuur aantonen

¹De maximale opkomstdiepte wordt gedefinieerd als de grootste begraafdiepte met een gemiddelde *Galinsoga* opkomst van minstens 1%.

Op basis van de data omtrent het duizendkorrelgewicht van de 40 populaties werd bovendien het gemiddeld duizendkorrelgewicht ($\text{mg} \pm \text{SE}$) van *G. parviflora* en *G. quadriradiata* berekend en nagegaan of dit significant verschilt tussen beide soorten. Aangezien de beschikbare data niet homoscedastisch bleek ($p = 0.001763$) gebeurde dit a.d.h.v. de Welch t-test i.p.v. de two-sample t-test. Om te verifiëren of populaties met zwaardere zaden eventueel van dieper opkomen dan populaties met lichtere zaden, werden tevens enkelvoudige lineaire regressies verricht tussen: 1) de maximale opkomstdiepte en het duizendkorrelgewicht, 2) de opkomst (%) op elke begraafdiepte en het duizendkorrelgewicht.

4 Resultaten en discussie

4.1 Resultaten

4.1.1 Experiment 1: vals zaaibed proef in wortelruggen

4.1.1.1 Karakterisatie van de initiële zaadbank

De oppervlakkige zaadbank (0-5 cm) van het proefperceel van experiment 1 kende, voor de eerste vals zaaibed bewerking, een soortenrijkdom van 14 verschillende onkruidsoorten (Tabel 25). De absolute densiteit van de totale oppervlakkige zaadbank bedroeg gemiddeld 874 ± 126.3 zaden m^{-2} .²⁹ De meest abundante soort, met een relatieve densiteit van 81.3%, was overduidelijk *G. quadriradiata* (GASCI).

De Shannon diversiteitsindex en Simpson (dominantie-)index m.b.t. de oppervlakkige zaadbanksamenstelling bedroegen resp. 0.8759 en 0.3338. De maximale Shannon index bedroeg 6.7731. De lage diversiteit was hoofdzakelijk te wijten aan het voorkomen van één grote dominante soort (GASCI), wat eveneens de lage Simpson index (maximale waarde = 1) verklaart.

Tabel 25: Gemiddelde absolute en relatieve oppervlakkige zaadbankdensiteit (0-5 cm) op perceelsniveau bij experiment 1, voor de eerste vals zaaibed bewerking (21/04/2017).

Soort	Absolute densiteit ($y_i \pm SE$ (zaden m^{-2}))	Relatieve densiteit (P_i) (%)
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	711 ± 75.2	81.3
<i>Poa annua</i> L.	47 ± 12.2	5.4
<i>Plantago major</i> L.	32 ± 6.8	3.7
<i>Stellaria media</i> L. Vill.	23 ± 4.2	2.6
<i>Solanum nigrum</i> L.	13 ± 2.8	1.5
<i>Lamium purpureum</i> L.	11 ± 4.0	1.3
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	9 ± 5.5	1.0
<i>Chenopodium album</i> L.	9 ± 4.0	1.0
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	6 ± 2.0	0.7
<i>Persicaria maculosa</i> Gray	4 ± 3.0	0.5
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	4 ± 2.0	0.5
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	3 ± 1.8	0.3
<i>Gnaphalium uliginosum</i> L.	1 ± 1.4	0.1
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	1 ± 1.4	0.1
TOTAAL	874 ± 126.3	100

4.1.1.2 Evolutie van de veldbezetting in de tijd

4.1.1.2.1 *Galinsoga* veldbezetting

In Tabel 26 wordt de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting (planten m^{-2}) weergegeven voor alle objecten en op alle telmomenten, tijdens en na de vals zaaibed periode. In Figuur 29 wordt de tijdsreeks van de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting gevisualiseerd. Alle veldtellingen werden uitgevoerd op de wortelruggen. Bovendien was elke vals zaaibed bewerking 100% effectief in de bestrijding van *Galinsoga* zaailingen.

Op **T-4** en **T-3** werd in geen enkel object reeds veldopkomst van *Galinsoga* vastgesteld (Tabel 26, Figuur 29). Op **T-2** was de veldopkomst in de CONTROLE significant (gemiddeld 12x) hoger t.o.v. alle andere objecten. Bovendien was de veldopkomst in ROL_FEL_EXT significant lager t.o.v. alle andere objecten. Ook op **T-1** was de veldbezetting in de CONTROLE significant hoger t.o.v. alle andere objecten en was de bezetting in ROL_FEL_EXT eveneens het laagst, maar niet significant verschillend t.o.v. de overige vals zaaibed behandelingen.

²⁹ Gemiddelde m.b.t. het ganse proefperceel, gebaseerd op de gemiddelde totale absolute densiteit in elk van de 7 objecten met 4 parallellen (in totaal 28 mengstalen, genomen op 21/04/2017, voor de eerste vals zaaibed bewerking).

Net voor de voor-opkomst brandbeurt (**T1**) was de gemiddelde veldopkomst van *Galinsoga* in alle objecten zeer gering (0-1 pl. m⁻²) en onderling niet significant verschillend. Vijf weken na installatie van het gewas (**T2**), was de veldbezetting significant lager in objecten met een voorafgaand vals zaaibed t.o.v. de CONTROLE. Een voorafgaand vals zaaibed kon de veldbezetting gemiddeld met 62% reduceren (berekend over alle strategieën heen). De verschillende vals zaaibed systemen resulteerden onderling echter niet in significante verschillen in gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting in het gewas.

Tabel 26: Gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting (planten m⁻² ± SE) op de verschillende telmomenten in alle objecten. Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde telmoment zijn onderling niet significant verschillend ($p > 0.05$). [CONTROLE = object zonder bewerkingen; BRA_EXT = branden op T-3 en T-1; BRA_INT = branden op T-4, T-3, T-2 en T-1; ROL_BRA_EXT = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en branden op T-1; ROL_EXT = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en T-1; ROL_FEL_EXT = dubbel rolschoffelen (1 cm, in tegengestelde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min) op T-3 en T-1; ROL_INT = rolschoffelen (1 cm) op T-4, T-3, T-2 en T-1]

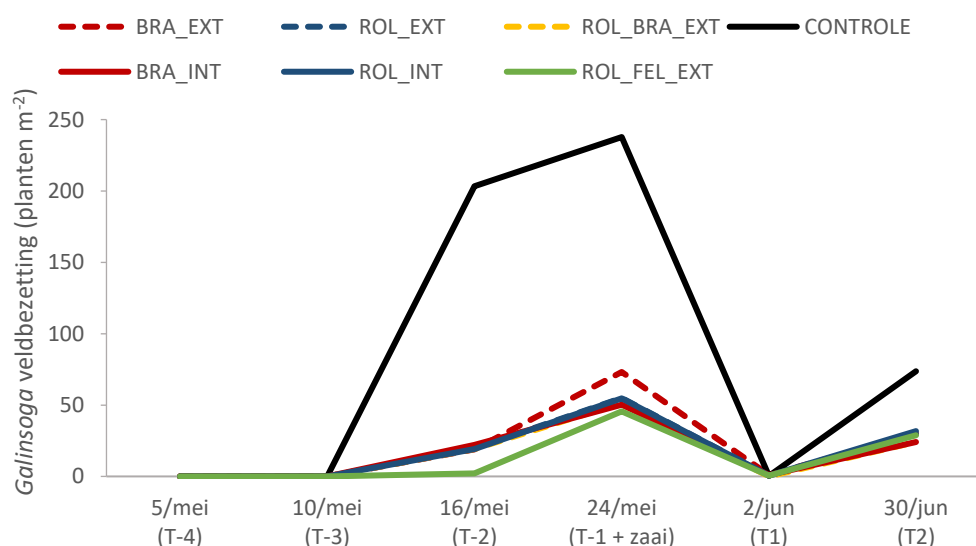
	Tijdens vals zaaibed				Na vals zaaibed	
	T-4 (05/05/2017)	T-3 (10/05/2017)	T-2 (16/05/2017)	T-1 (24/05/2017)	T1 (02/06/2017)	T2 (30/06/2017)
CONTROLE	0 ± 0.0 a	0 ± 0.0 a	203 ± 26.1 a	238 ± 29.1 a	0 ± 0.0 a	74 ± 7.1 a
BRA_EXT	0 ± 0.0 a	0 ± 0.0 a	19 ± 3.7 b	73 ± 13.4 b	1 ± 1.0 a	30 ± 8.4 b
BRA_INT	0 ± 0.0 a	0 ± 0.0 a	22 ± 8.1 b	50 ± 9.7 b	1 ± 0.7 a	24 ± 6.1 b
ROL_BRA_EXT	0 ± 0.0 a	0 ± 0.0 a	19 ± 8.7 b	52 ± 3.0 b	0 ± 0.0 a	25 ± 7.2 b
ROL_EXT	0 ± 0.0 a	0 ± 0.0 a	20 ± 5.7 b	55 ± 7.3 b	1 ± 0.3 a	30 ± 6.3 b
ROL_FEL_EXT	0 ± 0.0 a	0 ± 0.0 a	2 ± 1.4 c	46 ± 5.9 b	1 ± 0.3 a	29 ± 7.8 b
ROL_INT	0 ± 0.0 a	0 ± 0.0 a	19 ± 11.0 b	55 ± 8.5 b	1 ± 0.3 a	32 ± 5.4 b

T-2: Fisher's LSD op $\sqrt[4]{}$ getransformeerde data ($p = 1.18 \cdot 10^{-6}$; LSD = 0.64)

T-1: Kruskal-Wallis test significant op niet getransformeerde data ($p = 0.0360$), lettercode op basis van een Bonferroni test

T1: Kruskal-Wallis test niet significant op niet getransformeerde data ($p = 0.7470$)

T2: Fisher's LSD op niet getransformeerde data ($p = 6.83 \cdot 10^{-4}$; LSD = 20.52)



Figuur 29: Tijdsreeks van de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting in de verschillende objecten. De vermelde data bij T-4 tot T2 stemmen overeen met een veldtelling op de wortelruggen. [BRA_EXT = branden op T-3 en T-1; BRA_INT = branden op T-4, T-3, T-2 en T-1; ROL_EXT = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en T-1; ROL_INT = rolschoffelen (1 cm) op T-4, T-3, T-2 en T-1; ROL_BRA_EXT = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en branden op T-1; ROL_FEL_EXT = dubbel rolschoffelen (1 cm, in tegengestelde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min) op T-3 en T-1; CONTROLE = object zonder bewerkingen]

4.1.1.2.2 Totale veldbezetting van zaadonkruiden

In Tabel 27 wordt de gemiddelde totale veldbezetting van zaadonkruiden (planten m⁻²) weergegeven voor alle objecten en op alle telmomenten, tijdens en na de vals zaaibed periode. In Figuur 30 wordt de tijdsreeks van de gemiddelde totale veldbezetting gevisualiseerd. Alle veldtellingen werden uitgevoerd op de wortelruggen. Bovendien was elke vals zaaibed bewerking 100% effectief in de bestrijding van onkruidzaailingen.

De gemiddelde totale veldopkomst van zaadonkruiden vertoonde op **T-4** geen significante verschillen tussen de objecten. Dit bevestigt de uniformiteit van de totale onkruidbezetting over het ganse proefperceel. Oppervlakkig rolschoffelen op T-4 (ROL_INT) reduceerde op **T-3** significant de totale veldbezetting t.o.v. de CONTROLE (met ongeveer 34%) en alle overige objecten, waartussen de totale veldbezetting onderling niet significant verschilde. Op **T-2** was de totale veldbezetting in de CONTROLE significant hoger t.o.v. alle andere objecten. De laagste totale veldbezetting (bovendien significant lager t.o.v. alle andere objecten) werd vastgesteld in ROL_FEL_EXT. Op **T-1** kende de CONTROLE eveneens een significant hogere totale veldbezetting t.o.v. alle andere objecten. De laagste totale veldbezetting werd gerapporteerd bij de intensieve behandelingen, nl. in BRA_INT en in ROL_INT (verschil NS).

Op **T1**, net voor de voor-opkomst brandbeurt, was er tussen alle objecten (inclusief CONTROLE) geen significant verschil in totale veldopkomst. Vijf weken na de laatste bewerking en installatie van het gewas (**T2**) resulteerde rolschoffelen en branden gedurende de vals zaaibed periode in een significante reductie van de totale onkruidensiteit in het gewas van gemiddeld 56% t.o.v de CONTROLE (berekend over alle strategieën heen). Tussen de objecten met branden en rolschoffelen in het vals zaaibed waren er onderling geen significante verschillen in totale veldbezetting van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas.

Tabel 27: Gemiddelde totale veldbezetting (planten m⁻² ± SE) op de verschillende telmomenten in alle objecten. Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde telmoment zijn onderling niet significant verschillend ($p > 0.05$). [CONTROLE = object zonder bewerkingen; BRA_EXT = branden op T-3 en T-1; BRA_INT = branden op T-4, T-3, T-2 en T-1; ROL_BRA_EXT = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en branden op T-1; ROL_EXT = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en T-1; ROL_FEL_EXT = dubbel rolschoffelen (1 cm, in tegengestelde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min) op T-3 en T-1; ROL_INT = rolschoffelen (1 cm) op T-4, T-3, T-2 en T-1]

	Tijdens vals zaaibed				Na vals zaaibed	
	T-4 (05/05/2017)	T-3 (10/05/2017)	T-2 (16/05/2017)	T-1 (24/05/2017)	T1 (02/06/2017)	T2 (30/06/2017)
CONTROLE	13 ± 3.4 a	142 ± 9.6 a	320 ± 27.7 a	390 ± 33.9 a	2 ± 0.8 a	84 ± 7.9 a
BRA_EXT	28 ± 11.2 a	173 ± 19.7 a	60 ± 10.1 b	127 ± 17.4 b	3 ± 1.8 a	37 ± 9.7 b
BRA_INT	27 ± 13.5 a	158 ± 25.6 a	57 ± 8.3 b	60 ± 7.6 e	2 ± 1.7 a	31 ± 6.8 b
ROL_BRA_EXT	19 ± 6.6 a	163 ± 11.0 a	47 ± 10.7 b	88 ± 6.5 cd	4 ± 1.4 a	31 ± 6.5 b
ROL_EXT	28 ± 5.8 a	185 ± 12.9 a	51 ± 12.0 b	102 ± 7.0 c	4 ± 1.1 a	42 ± 10.7 b
ROL_FEL_EXT	14 ± 4.5 a	173 ± 6.1 a	13 ± 2.8 c	74 ± 8.9 de	2 ± 0.9 a	39 ± 10.4 b
ROL_INT	18 ± 8.6 a	94 ± 16.6 b	38 ± 13.6 b	62 ± 9.4 e	2 ± 0.6 a	43 ± 7.8 b

T-4: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data ($p = 0.6890$)

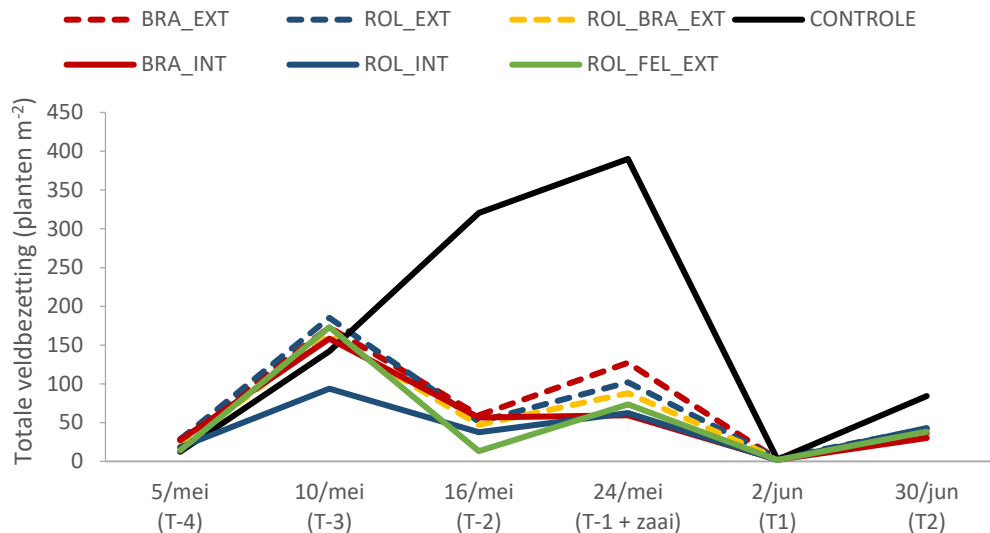
T-3: Fisher's LSD op niet getransformeerde data ($p = 0.0110$; LSD = 46.26)

T-2: Fisher's LSD op log getransformeerde data ($p = 1.49 \times 10^{-7}$; LSD = 0.65)

T-1: Fisher's LSD op log getransformeerde data ($p = 1.29 \times 10^{-9}$; LSD = 0.33)

T1: 1-weg ANOVA niet significant op $\sqrt{}$ getransformeerde data ($p = 0.7310$)

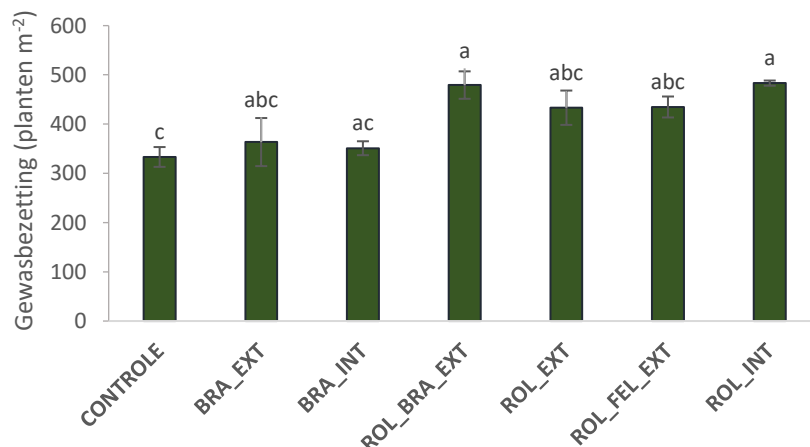
T2: Fisher's LSD op niet getransformeerde data ($p = 0.0042$; LSD = 25.62)



Figuur 30: Tijdsreeks van de gemiddelde totale veldbezetting van zaadonkruiden in de verschillende objecten. De vermelde data bij T-4 tot T2 stemmen overeen met een veldtelling op de wortelruggen. [**BRA_EXT** = branden op T-3 en T-1; **BRA_INT** = branden op T-4, T-3, T-2 en T-1; **ROL_EXT** = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en T-1; **ROL_INT** = rolschoffelen (1 cm) op T-4, T-3, T-2 en T-1; **ROL_BRA_EXT** = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en branden op T-1; **ROL_FEL_EXT** = dubbel rolschoffelen (1 cm, in tegengestelde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min) op T-3 en T-1; **CONTROLE** = object zonder bewerkingen]

4.1.1.3 Gewasopkomst

De gemiddelde veldbezetting van de wortelen vijf weken na zaai (**T2**) was niet uniform over de verschillende objecten (Figuur 31). De laagste gewasbezettingen kwamen voor in de **CONTROLE** (333 ± 20.2 pl. m⁻²), **BRA_INT** (351 ± 14.2 pl. m⁻²) en **BRA_EXT** (364 ± 48.8 pl. m⁻²). Algemeen werd de hoogste gewasbezetting opgemerkt in objecten waar gedurende de vals zaaibed periode minstens één mechanische bewerking werd uitgevoerd. De verschillen in gewasbezetting (ruim vijf weken na zaai) waren echter niet significant tussen de verschillende vals zaaibed systemen. Vergeleken met de **CONTROLE** daarentegen was de gewasbezetting significant hoger in resp. **ROL_INT** (483 ± 5.2 pl. m⁻²) en **ROL_BRA_EXT** (479 ± 27.9 pl. m⁻²).

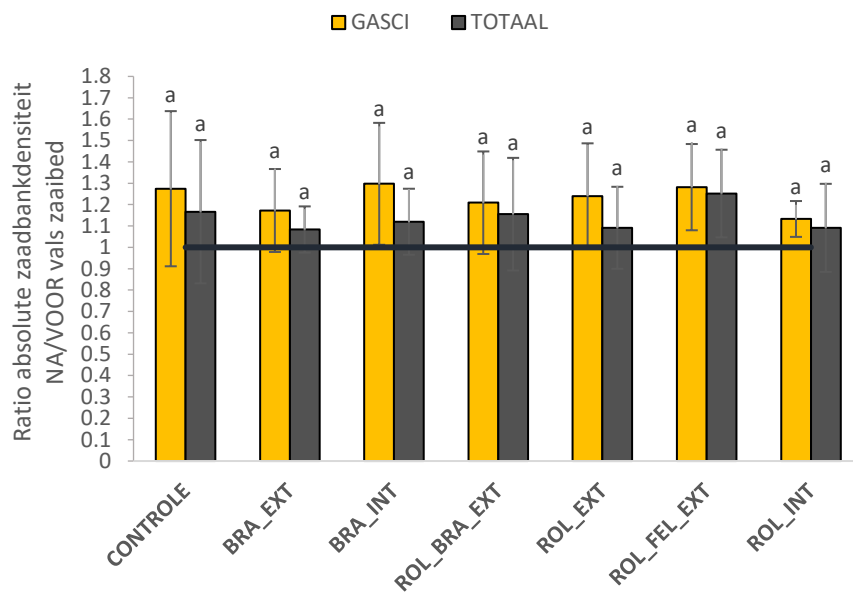


Figuur 31: Gemiddelde gewasbezetting op de wortelruggen ($\pm$ SE) ruim vijf weken na zaai. Gemiddeldes met eenzelfde letter zijn onderling niet significant verschillend ($p > 0.05$). De significantieletters zijn toegekend op basis van een Bonferroni test. [**CONTROLE** = object zonder bewerkingen; **BRA_EXT** = branden op T-3 en T-1; **BRA_INT** = branden op T-4, T-3, T-2 en T-1; **ROL_BRA_EXT** = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en branden op T-1; **ROL_EXT** = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en T-1; **ROL_FEL_EXT** = dubbel rolschoffelen (1 cm, in tegengestelde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min) op T-3 en T-1; **ROL_INT** = rolschoffelen (1 cm) op T-4, T-3, T-2 en T-1]

4.1.1.4 Invloed van vals zaaibed behandelingen op de oppervlakkige zaadbank

De gemiddelde absolute GASCI zaadbankdensiteit (0-5 cm) in de CONTROLE was niet significant verschillend tussen de staalname op 21/04/2017 (voor de eerste vals zaaibed bewerking) en de staalname op 24/05/2017 (net na het afschrappen van de toplaag) ($p = 0.55$). Een analoge vaststelling geldt voor de gemiddelde absolute totale zaadbankdensiteit ($p = 0.89$). Dit bevestigt een uniforme verdeling van onkruidzaden in de 0-10 cm laag van het bodemprofiel.

Geen enkele vals zaaibed behandeling resulteerde in een depletie van zowel de oppervlakkige GASCI als totale zaadbankdensiteit (Figuur 32). Bovendien verschilden de ratio's niet significant tussen de objecten en dit voor zowel GASCI als het totaal van alle zaadonkruiden.



Figuur 32: Respons van de oppervlakkige (0-5 cm) *G. quadriradiata* (GASCI) en totale (TOTAAL) zaadbankdensiteit (zaden m^{-2}) op de vals zaaibed behandelingen, weergegeven als de gemiddelde ratio ($\pm$ SE) van de absolute densiteit na het vals zaaibed en voor-opkomst branden (06/06/2017) tegenover de absolute densiteit voor de eerste vals zaaibed bewerking (21/04/2017). Gemiddelde ratio's met eenzelfde letter zijn onderling niet significant verschillend binnen eenzelfde zaadbank reeks ($p > 0.05$). Indien een afzonderlijke behandeling leidde tot een significante uitputting van de GASCI of totale zaadbank (ratio 1 = geen effect) wordt dit aangegeven met * (one-sample t-test, $p < 0.05$). [CONTROLE = object zonder bewerkingen; BRA_EXT = branden op T-3 en T-1; BRA_INT = branden op T-4, T-3, T-2 en T-1; ROL_BRA_EXT = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en branden op T-1; ROL_EXT = rolschoffelen (1 cm) op T-3 en T-1; ROL_FEL_EXT = dubbel rolschoffelen (1 cm, in tegengestelde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min) op T-3 en T-1; ROL_INT = rolschoffelen (1 cm) op T-4, T-3, T-2 en T-1] [GASCI: 1-weg ANOVA niet significant op $\sqrt{}$ getransformeerde data ($p = 0.999$); TOTAAL: 1-weg ANOVA niet significant op $\sqrt{}$ getransformeerde data ($p = 0.998$)]

4.1.2 Experiment 2: invloed van techniek en diepte-instelling op zaadbankdepletie en veldopkomst

4.1.2.1 Karakterisatie van de initiële zaadbank

De oppervlakkige zaadbank (0-5 cm) van het proefperceel van experiment 2 kende, voor de eerste vals zaaibed bewerking, een soortenrijkdom van 13 verschillende onkruidsoorten (Tabel 28). De absolute densiteit van de totale oppervlakkige zaadbank bedroeg gemiddeld 3744 ± 399.9 zaden m^{-2} .³⁰ De twee meest abundante soorten waren *P. annua* (POAAN, 67.8%) en *G. quadriradiata* (GASCI, 14.6%).

De Shannon diversiteitsindex en Simpson (dominantie-)index bedroegen resp. 1.077 en 0.5045. De maximale Shannon index bedroeg 8.2279.

Tabel 28: Gemiddelde absolute en relatieve oppervlakkige zaadbankdensiteit (0-5 cm) op perceelsniveau bij experiment 2, voor de eerste vals zaaibed bewerking (06/07/2017).

Soort	Absolute densiteit (y_i) $\pm$ SE (zaden m^{-2})	Relatieve densiteit (P_i) (%)
<i>Poa annua</i> L.	2539 ± 222.7	67.8
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	543 ± 55.8	14.6
<i>Stellaria media</i> L. Vill.	443 ± 57.8	11.8
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	57 ± 7.9	1.5
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	54 ± 11.5	1.4
<i>Senecio vulgaris</i> L.	37 ± 13.5	1.0
<i>Chenopodium album</i> L.	15 ± 8.1	0.4
<i>Plantago major</i> L.	12 ± 4.4	0.3
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	11 ± 4.2	0.3
<i>Persicaria maculosa</i> Gray	10 ± 2.5	0.3
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	8 ± 4.0	0.2
<i>Gnaphalium uliginosum</i> L.	7 ± 5.5	0.2
<i>Solanum nigrum</i> L.	7 ± 2.0	0.2
TOTAAL	3744 ± 399.9	100

4.1.2.2 Evolutie van de veldbezetting in de tijd

4.1.2.2.1 *Galinsoga* veldbezetting

In Tabel 29 wordt de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting (planten m^{-2}) weergegeven voor alle objecten en op alle telmomenten, tijdens en na de vals zaaibed periode. In Figuur 33 wordt de tijdsreeks van de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting gevisualiseerd. De gemiddelde objectafhankelijke effectiviteit van de bewerkingen op T4 en T5 wordt in Tabel 29 weergegeven als het bestrijdingspercentage (BP) van de opgekomen *Galinsoga* zaailingen.

Voor aanvang van de eerste vals zaaibed bewerking (**T1**) waren er geen significante verschillen in *Galinsoga* veldopkomst tussen de objecten. Dit bevestigt de uniformiteit van de knopkruidbezetting over het ganse proefperceel. Onder de mechanische behandelingen was de veldbezetting op **T2** het hoogst in Wo en Wd. Deze vaststelling is mogelijk te wijten aan een niet 100% effectieve eerste vals zaaibed bewerking met de wiedeeg (niet gekwantificeerd). De veldbezetting in de gewiedegde plots was echter niet significant hoger dan na de overige mechanische en thermische bewerkingen. Op **T3** was er geen significant verschil in veldbezetting tussen alle behandelingen, inclusief CONTROLE. Wel geldt dat de veldopkomst na twee brandbeurten gemiddeld 73% lager lag t.o.v. alle overige vals zaaibed behandelingen (verschil NS). Op **T4** was de gemiddelde veldbezetting na driemaal branden echter wel significant lager t.o.v. de CONTROLE (ruim 22x lager) en alle mechanische behandelingen (gemiddeld ruim 25x lager) (verschillen in bezetting binnen de mechanische behandelingen waren onderling NS). Hieruit volgt dat branden op T3 minder kieming initieerde t.o.v. mechanisch bewerken. Op **T5** werd de

³⁰ Gemiddelde m.b.t. het ganse proefperceel, gebaseerd op de gemiddelde totale absolute densiteit in elk van de 8 objecten met 4 parallellen (in totaal 32 mengstalen, genomen op 06/07/2017, voor de eerste vals zaaibed bewerking).

hoogste nieuwe veldopkomst gerapporteerd in Wd (enkel significant hoger t.o.v. branden (Br), niet significant verschillend met de overige mechanische behandelingen).

Branden zorgde, zowel op T4 als T5, voor 100% controle van de opgekomen *Galinsoga* zaailingen. Op T4 bestreed ondiep wiedegeen (Wo) de aanwezige *Galinsoga* populatie significant minder goed dan de andere mechanische bewerkingen en de thermische techniek. Uit de bestrijdingspercentages op T5 bleek een intensievere rolschoffebewerking (dubbel rolschoffelen; RRd en RRo) algemeen te resulteren in een effectievere bestrijding t.o.v. enkelvoudige rolschoffebewerkingen (Rd en Ro) (verschil NS). Ook bleek wiedegeen op T5 het minst effectief m.b.t. de bestrijding van *Galinsoga*, waarbij het bestrijdingspercentage in Wd en Wo significant lager was dan in Br, RRd en RRo. Bovendien was de bestrijding door ondiep wiedegeen (Wo) significant lager dan door diep wiedegeen (Wd) (absoluut verschil in gemiddeld bestrijdingspercentage van 34%).

Een week na de laatste bewerking (**T6**) werd de hoogste *Galinsoga* veldbezetting (onder de objecten met bewerkingen tijdens het vals zaaibed) gerapporteerd in Wo en Wd. Dit fenomeen wordt verklaard door de lage effectiviteit van wiedegeen tijdens de laatste bewerking. De gemiddelde nieuwe veldopkomst in alle objecten was op T6 algemeen laag (0-4 pl. m⁻²) en niet significant verschillend.

Een maand na de laatste bewerking (**T9**) was enkel de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting na het inzetten van de thermische techniek (vijfmaal branden in het vals zaaibed) significant lager t.o.v. de CONTROLE (ruim 22x lager) en alle andere vals zaaibed systemen (gemiddeld ongeveer 18x lager). De verschillen in veldbezetting tussen de objecten met mechanische vals zaaibed behandelingen en de CONTROLE waren onderling niet significant. Wel leidde vijfmaal oppervlakkig wiedegeen tijdens het vals zaaibed (Wo) tot de laagste finale bezetting binnen de groep met mechanische behandelingen (verschil met alle andere mechanische behandelingen en de CONTROLE was NS).

Tabel 29: Gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting (planten m⁻² ± SE) op de verschillende telmomenten in alle objecten. Op T5 en T6 werd een onderscheid gemaakt tussen nieuw opgekomen zaailingen (T5_NIEUW en T6_NIEUW) en de totale *Galinsoga* veldbezetting (T5 en T6). Op T4 en T5 wordt bovendien het bestrijdingspercentage (BP ± SE) van de bewerking weergegeven. Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde telmoment zijn onderling niet significant verschillend (p > 0.05). In de CONTROLE wordt vanaf T4 de *Galinsoga* veldbezetting beschouwd als maximaal en constant voor de resterende evaluatieperiode. [CONTROLE = object zonder bewerkingen; Br = branden; Rd = diep rolschoffelen (4 cm); Ro = ondiep rolschoffelen (2 cm); RRd = dubbel diep rolschoffelen (4 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); RRo = dubbel ondiep rolschoffelen (2 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); Wd = diep wiedeggen (3-3.5 cm); Wo = ondiep wiedeggen (1-1.5 cm)]

	Tijdens vals zaaibed						
	T1 (17/07/2017)	T2 (26/07/2017)	T3 (07/08/2017)	T4 (16/08/2017)	BP_T4 (%)	T5_NIEUW	T5 (23/08/2017)
CONTROLE	37 ± 6.0 a	65 ± 9.9 a	66 ± 15.3 a	68 ± 16.3 a			68 ± 16.3 a
Br	42 ± 18.6 a	1 ± 0.5 b	10 ± 6.6 a	3 ± 1.5 b	100 ± 0.0 a	1 ± 0.3 b	1 ± 0.3 b
Rd	33 ± 6.7 a	1 ± 0.3 b	16 ± 8.7 a	92 ± 23.5 a	86 ± 4.2 a	58 ± 15.6 a	71 ± 17.3 a
Ro	48 ± 14.3 a	3 ± 1.3 b	47 ± 23.8 a	77 ± 20.1 a	95 ± 2.3 a	46 ± 15.4 a	51 ± 17.2 a
RRd	40 ± 7.7 a	0 ± 0.0 b	48 ± 18.1 a	93 ± 34.3 a	98 ± 1.4 a	46 ± 13.8 a	48 ± 13.8 a
RRo	43 ± 11.8 a	0 ± 0.0 b	59 ± 29.2 a	85 ± 36.4 a	97 ± 1.4 a	44 ± 22.4 a	47 ± 22.9 a
Wd	62 ± 14.7 a	6 ± 2.6 b	33 ± 21.0 a	75 ± 12.8 a	86 ± 3.1 a	66 ± 9.7 a	77 ± 13.3 a
Wo	40 ± 10.3 a	12 ± 3.7 b	18 ± 6.0 a	42 ± 18.5 a	80 ± 7.9 b	44 ± 25.8 a	51 ± 26.8 a

	Na vals zaaibed					
	BP_T5 (%)	T6_NIEUW	T6 (29/08/2017)	T7 (05/09/2017)	T8 (14/09/2017)	T9 (21/09/2017)
CONTROLE			68 ± 16.3 a	68 ± 16.3 a	68 ± 16.3 a	68 ± 16.3 a
Br	100 ± 0.0 a	0 ± 0.0 a	0 ± 0.0 b	0 ± 0.3 c	2 ± 1.2 b	3 ± 1.4 b
Rd	93 ± 3.8 ab	3 ± 1.8 a	9 ± 5.9 b	31 ± 12.9 b	56 ± 18.8 a	55 ± 15.1 a
Ro	94 ± 2.7 ab	2 ± 1.9 a	6 ± 2.6 b	30 ± 11.6 b	45 ± 11.6 a	46 ± 13.9 a
RRd	98 ± 0.6 a	0 ± 0.3 a	1 ± 0.4 b	27 ± 6.2 b	55 ± 11.9 a	53 ± 22.5 a
RRo	100 ± 0.2 a	0 ± 0.3 a	1 ± 0.5 b	38 ± 18.9 ab	63 ± 27.7 a	65 ± 29.7 a
Wd	87 ± 2.5 b	2 ± 1.0 a	13 ± 3.9 b	37 ± 9.2 ab	64 ± 15.3 a	64 ± 13.7 a
Wo	53 ± 4.1 c	4 ± 1.5 a	26 ± 11.8 b	32 ± 10.2 ab	36 ± 6.4 a	39 ± 18.4 a

T1: Kruskal-Wallis test niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.8304)

T2: Kruskal-Wallis test significant op niet getransformeerde data (p = 0.0011), lettercode op basis van een Bonferroni test

T3: 1-weg ANOVA niet significant op $\sqrt{\text{ }}$ getransformeerde data (p = 0.1940)

T4: Fisher's LSD op $\sqrt{\text{ }}$ getransformeerde data (p = 0.0033; LSD = 3.68)

BP_T4 (%): Kruskal-Wallis test significant op niet getransformeerde data (p = 0.0042), lettercode op basis van een Bonferroni test

T5_NIEUW: Fisher's LSD op $\sqrt{\text{ }}$ getransformeerde data (p = 0.0050; LSD = 3.43)

T5: Fisher's LSD op $\sqrt{\text{ }}$ getransformeerde data (p = 0.0015; LSD = 3.38)

BP_T5 (%): Kruskal-Wallis test significant op niet getransformeerde data (p = 0.0019), lettercode op basis van een Bonferroni test

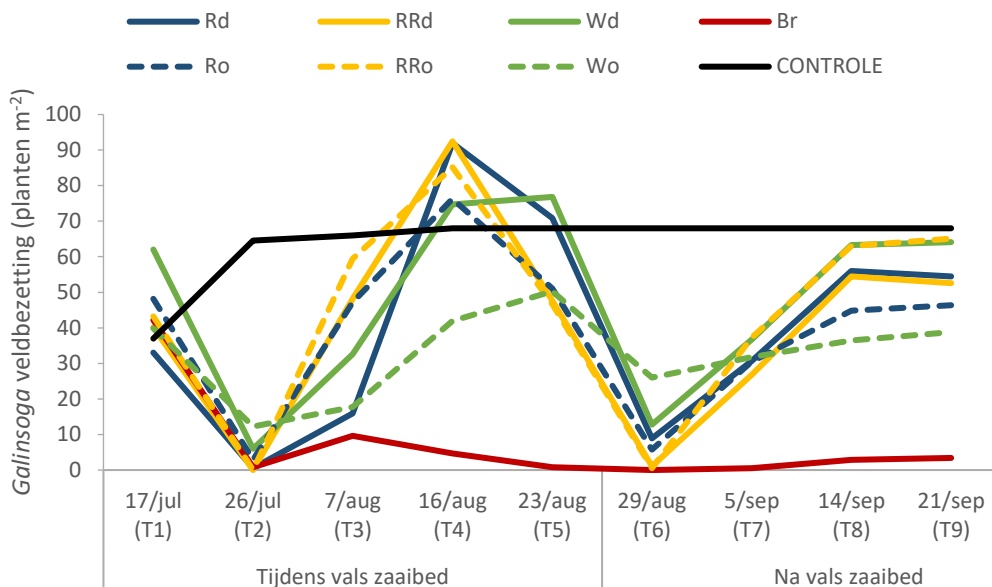
T6_NIEUW: Kruskal-Wallis test niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.0510)

T6: Kruskal-Wallis test significant op niet getransformeerde data (p = 7.28*10⁻⁴), lettercode op basis van een Bonferroni test

T7: Fisher's LSD op $\sqrt{\text{ }}$ getransformeerde data (p = 6.84*10⁻⁴; LSD = 2.70)

T8: Fisher's LSD op $\sqrt{\text{ }}$ getransformeerde data (p = 5.86*10⁻⁴; LSD = 2.88)

T9: Fisher's LSD op $\sqrt{\text{ }}$ getransformeerde data (p = 0.0139; LSD = 3.34)



Figuur 33: Tijdsreeks van de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting in de verschillende objecten. De vermelde data bij T1 tot T9 stemmen overeen met een veldtelling. In de CONTROLE wordt vanaf T4 de *Galinsoga* veldbezetting beschouwd als maximaal en constant voor de resterende evaluatieperiode. [Rd = diep rolschoffelen (4 cm); Ro = ondiep rolschoffelen (2 cm); RRd = dubbel diep rolschoffelen (4 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); RRo = dubbel ondiep rolschoffelen (2 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); Wd = diep wieden (3-3.5 cm); Wo = ondiep wieden (1-1.5 cm); Br = branden; CONTROLE = object zonder bewerkingen]

4.1.2.2.2 Totale veldbezetting van zaadonkruiden

In Tabel 30 wordt de gemiddelde totale veldbezetting van zaadonkruiden (planten m⁻²) weergegeven voor alle objecten en op alle telmomenten, tijdens en na de vals zaaibed periode. In Figuur 34 wordt de tijdsreeks van de gemiddelde totale veldbezetting gevisualiseerd.

Voor aanvang van de eerste vals zaaibed bewerking (T1) verschilde de totale veldkopkomst van zaadonkruiden niet significant tussen de objecten. Dit bevestigt de uniformiteit van de totale onkruidbezetting over het ganse proefperceel. Op T2 was de totale veldbezetting significant hoger in Br en Wo, vergeleken met de overige behandelingen, exclusief CONTROLE. Bij oppervlakkig wieden (Wo) was dit mogelijk het gevolg van een niet 100% effectieve bewerking op T1 (niet gekwantificeerd). De totale onkruidbezetting in RRd en RRo was nihil (0-2 pl. m⁻²). Dit doet vermoeden dat het intensiever beroeren van de bodem tijdens de eerste vals zaaibed bewerking een extra afdodingseffect had op gekiemde, maar nog niet opgekomen zaailingen. Op T3 lijkt het echter dat een intensievere bodembewerking op T2 de kieming extra stimuleerde. De totale veldbezetting was immers het hoogst in RRd en RRo. De verschillen in totale veldbezetting waren echter niet significant tussen alle behandelingen, inclusief CONTROLE. Deze vaststelling geldt eveneens op T4. Op T5 was de totale veldbezetting in Ro hoger dan in Rd (NS), RRo (NS) en RRd (significant, ongeveer 1.9x hoger). Onder de mechanische technieken resulteerde wieden in de hoogste totale veldbezetting, waarbij de bezetting in Wo significant hoger was dan in Rd (ongeveer 1.6x hoger), RRd (ongeveer 2.4x hoger) en RRo (ongeveer 1.6x hoger). Deze vaststellingen houden wellicht verband met de niet 100% effectieve bestrijding door de wiedeeg op T4 (enkel voor *Galinsoga* gekwantificeerd). Opmerkelijk is dat, over alle behandelingen heen, de hoogste totale veldbezetting op T5 werd waargenomen na viermaal branden (Br). De aanwezige onkruidpopulatie in dit object bestond echter voor meer dan 95% uit *P. annua*.

Een week na de laatste bewerking (T6) resulteerde dubbel rolschoffelen in het vals zaaibed (RRd en RRo) in de laagste totale onkruidensiteit. Het verschil was echter niet significant met de enkelvoudige rolschoffelenbewerkingen (Rd en Ro), maar wel met alle overige objecten (inclusief CONTROLE).

Wiedeggen leidde tot een significant hogere totale veldbezetting vergeleken met rolschoffelen. Bovendien was de totale veldbezetting in Wo significant (ongeveer 2.6x) hoger dan in Wd.

Een maand na de laatste bewerking (**T9**) was de gemiddelde totale veldbezetting in objecten waar er gedurende de vals zaaibed periode werd gerolschoffeld (Rd, Ro, RRd en RRo) niet significant lager dan in de CONTROLE. Dit in tegenstelling tot objecten met wiedeggen (Wd en Wo) of branden (Br) waar de totale veldbezetting wel degelijk significant lager lag dan in de CONTROLE. Algemeen resulteerde ondiep rolschoffelen (RRo en Ro) gemiddeld in een hogere totale veldbezetting vergeleken met diep rolschoffelen (RRd en Rd). De verschillen waren echter niet significant tussen alle rolschoffebewerkingen. De totale veldbezetting in Wd en Wo was onderling niet significant verschillend en algemeen lager dan na rolschoffelen. De laagste totale veldbezetting, bovendien significant lager t.o.v. alle andere objecten (uitgezonderd Wo), werd vastgesteld na branden (Br).

Tabel 30: Gemiddelde totale veldbezetting (planten $m^{-2} \pm SE$) op de verschillende telmomenten in alle objecten. Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde telmoment zijn onderling niet significant verschillend ($p > 0.05$). In de CONTROLE wordt vanaf T4 de totale veldbezetting beschouwd als maximaal en constant voor de resterende evaluatieperiode. [**CONTROLE** = object zonder bewerkingen; **Br** = branden; **Rd** = diep rolschoffelen (4 cm); **Ro** = ondiep rolschoffelen (2 cm); **RRd** = dubbel diep rolschoffelen (4 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); **RRo** = dubbel ondiep rolschoffelen (2 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); **Wd** = diep wiedeggen (3-3.5 cm); **Wo** = ondiep wiedeggen (1-1.5 cm)]

	Tijdens vals zaaibed				
	T1 (17/07/2017)	T2 (26/07/2017)	T3 (07/08/2017)	T4 (16/08/2017)	T5 (23/08/2017)
CONTROLE	75 ± 10.1 a	236 ± 28.3 a	307 ± 35.9 a	561 ± 50.3 a	561 ± 50.3 ab
Br	75 ± 17.6 a	44 ± 11.3 b	198 ± 59.0 a	558 ± 18.0 a	638 ± 53.3 a
Rd	61 ± 8.4 a	3 ± 1.1 de	69 ± 44.1 a	650 ± 91.1 a	395 ± 60.0 bc
Ro	97 ± 20.0 a	9 ± 2.8 cd	240 ± 90.4 a	763 ± 100.6 a	488 ± 78.3 ab
RRd	90 ± 9.0 a	0 ± 0.3 f	303 ± 156.6 a	598 ± 43.5 a	256 ± 34.0 c
RRo	85 ± 10.9 a	2 ± 0.6 e	267 ± 91.7 a	795 ± 80.3 a	381 ± 64.1 bc
Wd	114 ± 22.9 a	17 ± 4.6 c	122 ± 56.8 a	694 ± 128.7 a	562 ± 121.8 ab
Wo	88 ± 14.7 a	51 ± 14.9 b	91 ± 13.6 a	575 ± 49.6 a	626 ± 44.7 a
	Na vals zaaibed				
	T6 (29/08/2017)	T7 (05/09/2017)	T8 (14/09/2017)	T9 (21/09/2017)	
CONTROLE	561 ± 50.3 a	561 ± 50.3 a	561 ± 50.3 a	561 ± 50.3 a	
Br	95 ± 32.3 c	121 ± 43.3 c	150 ± 40.3 c	152 ± 36.2 d	
Rd	24 ± 14.2 d	123 ± 32.4 c	344 ± 98.1 b	386 ± 107.3 abc	
Ro	36 ± 15.3 d	146 ± 23.3 c	398 ± 63.9 ab	445 ± 65.7 ab	
RRd	6 ± 3.0 d	134 ± 18.5 c	403 ± 88.7 ab	412 ± 64.0 abc	
RRo	7 ± 2.5 d	166 ± 5.9 c	463 ± 61.8 ab	502 ± 64.9 ab	
Wd	86 ± 8.3 c	155 ± 13.0 c	334 ± 33.8 b	362 ± 35.5 bc	
Wo	221 ± 25.6 b	272 ± 20.5 b	310 ± 23.3 bc	264 ± 13.1 cd	

T1: 1-weg ANOVA niet significant op $\sqrt{}$ getransformeerde data ($p = 0.4020$)

T2: Fisher's LSD op $\sqrt[4]{}$ getransformeerde data ($p = 2.50 \cdot 10^{-11}$; LSD = 0.55)

T3: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data ($p = 0.2450$)

T4: 1-weg ANOVA niet significant op $\sqrt{}$ getransformeerde data ($p = 0.2780$)

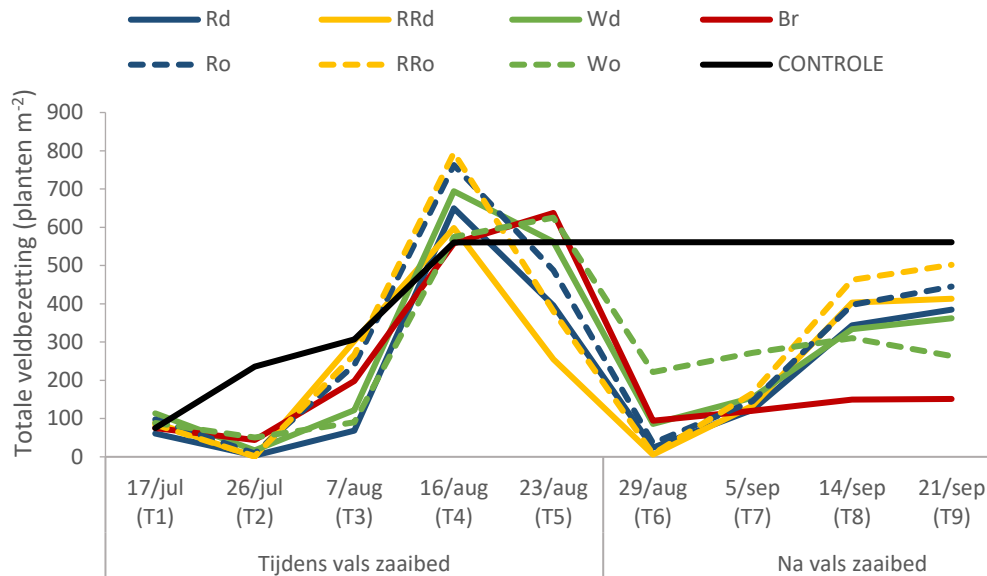
T5: Fisher's LSD op niet getransformeerde data ($p = 0.0058$; LSD = 199.04)

T6: Fisher's LSD op $\sqrt{}$ getransformeerde data ($p = 4.52 \cdot 10^{-12}$; LSD = 3.23)

T7: Fisher's LSD op $\sqrt[4]{}$ getransformeerde data ($p = 1.70 \cdot 10^{-6}$; LSD = 0.12)

T8: Fisher's LSD op niet getransformeerde data ($p = 0.0076$; LSD = 182.37)

T9: Fisher's LSD op niet getransformeerde data ($p = 0.0022$; LSD = 176.98)



Figuur 34: Tijdsreeks van de gemiddelde totale veldbezetting in de verschillende objecten. De vermelde data bij T1 tot T9 stemmen overeen met een veldtelling. In de CONTROLE wordt vanaf T4 de totale veldbezetting beschouwd als maximaal en constant voor de resterende evaluatieperiode. [Rd = diep rolschoffelen (4 cm); Ro = ondiep rolschoffelen (2 cm); RRd = dubbel diep rolschoffelen (4 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); RRo = dubbel ondiep rolschoffelen (2 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); Wd = diep wiedegeen (3-3.5 cm); Wo = ondiep wiedegeen (1-1.5 cm); Br = branden; CONTROLE = object zonder bewerkingen]

4.1.2.3 Bulkdensiteit, gravimetrisch en volumetrisch bodemvochtgehalte

In Tabel 31 worden de gemiddelde bulkdensiteit ($\text{g droge bodem cm}^{-3}$) en het gemiddeld gravimetrisch en volumetrisch bodemvochtgehalte (%) in de 0-5 cm toplaag weergegeven voor de objecten Rd, Ro, Wd, Wo, Br en CONTROLE, net voor iedere individuele vals zaaibed bewerking. Hieruit volgt dat de geëvalueerde technieken op geen enkel samplingmoment leidden tot een significant verschillend volumetrisch bodemvochtgehalte in de 0-5 cm toplaag.

Uit de evolutie van de bulkdensiteit in de tijd (enkelvoudige lineaire regressies in Bijlage 3) volgt evenwel dat de bulkdensiteit bij iedere geëvalueerde techniek significant toenam naarmate de vals zaaibed periode vorderde.

Voor Rd, Ro en Wd werd evenwel een significant verband gevonden tussen de *Galinsoga* veldopkomst en het volumetrisch bodemvochtgehalte in de 0-5 cm toplaag (enkelvoudige lineaire regressies in Bijlage 4). Het effect van het volumetrisch bodemvochtgehalte op de *Galinsoga* veldopkomst in Wo ($p = 0.114$) en Br ($p = 0.301$) was echter niet significant.

Tabel 31: Evolutie van de gemiddelde bulkdensiteit (g droge bodem cm⁻³ ± SE), het gemiddeld gravimetrisch bodemvochtgehalte (g water g⁻¹ droge bodem, omgerekend naar % ± SE) en het gemiddeld volumetrisch bodemvochtgehalte (g water cm⁻³, omgerekend naar % ± SE), net voor iedere individuele vals zaaibed bewerking. Bij het volumetrisch bodemvochtgehalte zijn gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde telmoment onderling niet significant verschillend (p > 0.05). [Rd = diep rolschoffelen (4 cm), Ro = ondiep rolschoffelen (2 cm), Wd = diep wiedeggen (3-3.5 cm), Wo = ondiep wiedeggen (1-1.5 cm), Br = branden en CONTROLE = object zonder bewerkingen]

Behandeling	T1 (17/07/2017)	T2 (26/07/2017)	T3 (07/08/2017)	T4 (16/08/2017)	T5 (23/08/2017)
Gemiddelde bulkdensiteit					
Rd	1.35 ± 0.026	1.40 ± 0.012	1.37 ± 0.013	1.47 ± 0.018	1.44 ± 0.009
Ro	1.34 ± 0.011	1.39 ± 0.008	1.39 ± 0.013	1.46 ± 0.016	1.42 ± 0.016
Wd	1.37 ± 0.021	1.40 ± 0.005	1.38 ± 0.008	1.45 ± 0.008	1.45 ± 0.015
Wo	1.39 ± 0.012	1.37 ± 0.025	1.36 ± 0.023	1.51 ± 0.017	1.46 ± 0.006
Br	1.36 ± 0.019	1.40 ± 0.020	1.39 ± 0.020	1.47 ± 0.014	1.46 ± 0.025
CONTROLE	1.35 ± 0.010	1.40 ± 0.016	1.37 ± 0.012	1.47 ± 0.008	1.46 ± 0.009
Gemiddeld gravimetrisch vochtgehalte					
Rd	10.7 ± 0.58	10.4 ± 0.42	10.9 ± 0.67	16.6 ± 0.73	14.4 ± 0.50
Ro	10.7 ± 0.44	10.2 ± 0.87	10.7 ± 0.63	16.5 ± 1.01	13.4 ± 1.13
Wd	10.9 ± 0.56	10.7 ± 0.47	11.2 ± 0.57	17.0 ± 0.74	14.2 ± 0.64
Wo	10.6 ± 0.77	11.5 ± 0.86	11.9 ± 0.59	18.2 ± 1.01	15.0 ± 0.97
Br	10.4 ± 0.33	10.5 ± 0.34	11.0 ± 0.99	17.0 ± 0.54	13.5 ± 0.74
CONTROLE	10.6 ± 0.74	10.8 ± 0.40	10.2 ± 0.36	16.3 ± 0.36	14.1 ± 0.19
Gemiddeld volumetrisch vochtgehalte					
Rd	14.4 ± 0.77 a	14.6 ± 0.65 a	14.9 ± 0.99 a	24.3 ± 1.17 a	20.8 ± 0.69 a
Ro	14.3 ± 0.19 a	14.1 ± 0.65 a	14.8 ± 1.43 a	24.1 ± 0.72 a	19.1 ± 0.72 a
Wd	15.0 ± 1.17 a	14.9 ± 0.74 a	15.4 ± 0.95 a	24.7 ± 0.60 a	20.5 ± 0.72 a
Wo	14.8 ± 1.22 a	15.7 ± 1.01 a	16.2 ± 0.48 a	27.4 ± 1.31 a	21.9 ± 0.87 a
Br	14.1 ± 0.81 a	14.7 ± 0.13 a	15.3 ± 0.95 a	24.9 ± 0.68 a	19.6 ± 1.16 a
CONTROLE	14.4 ± 0.50 a	15.0 ± 0.33 a	13.9 ± 0.70 a	24.0 ± 0.48 a	20.6 ± 0.51 a

T1: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.9740)

T2: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.6920)

T3: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.6940)

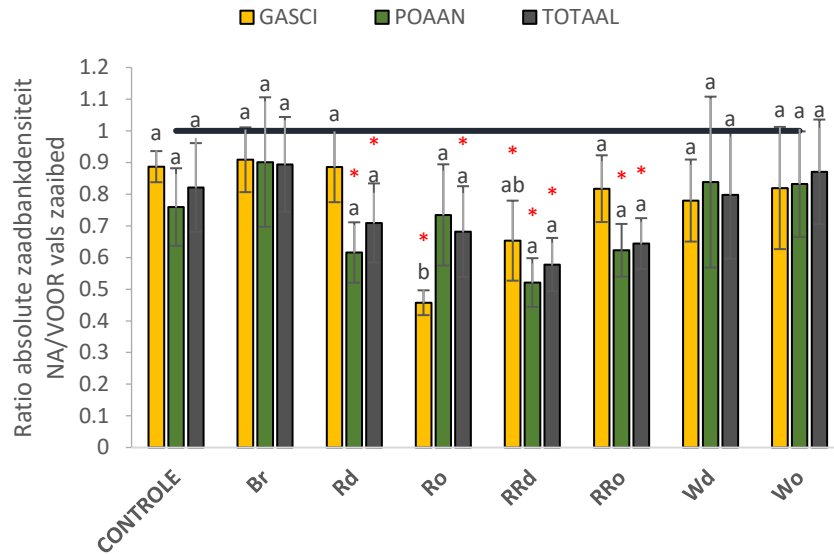
T4: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.1110)

T5: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.2680)

4.1.2.4 Invloed van vals zaaibed behandelingen op de oppervlakkige zaadbank

Uit Figuur 35³¹ volgt dat vijfmaal branden (Br) tijdens het vals zaaibed resulteerde in 9-11% reductie (NS) van zowel de GASCI, POAAN als totale oppervlakkige zaadbank (0-5 cm). Diep rolschoffelen (Rd) leidde tot een significante depletie van POAAN (38 ± 9.5%) en de totale oppervlakkige zaadbank (29 ± 12.5%), terwijl de depletie van GASCI niet significant bleek. Ondiep rolschoffelen (Ro) resulteerde daarentegen in de significant hoogste reductie van GASCI (significante depletie van 54 ± 3.9%). De uitputting van de totale oppervlakkige zaadbank was eveneens significant in Ro (32 ± 14.4%). De hoogste reductie van POAAN en de totale oppervlakkige zaadbank (resp. significante depleties van 48 ± 7.7% en 42 ± 8.4%) werd bekomen in RRd (die tevens resulteerde in een significante uitputting van GASCI (35 ± 12.6%)). In RRo was de depletie van GASCI niet significant, in tegenstelling tot de depletie van POAAN (38 ± 8.3%) en van de totale oppervlakkige zaadbank (36 ± 8.0%). Wiedeggen (ongeacht de diepte-instelling) resulteerde, evenals branden, finaal niet in een significante zaadbankdepletie van de GASCI, POAAN of totale oppervlakkige zaadbank. Bovendien was de mate van uitputting van de POAAN en totale oppervlakkige zaadbank nergens significant verschillend tussen de behandelingen, inclusief CONTROLE. De depletie van GASCI was daarentegen significant groter in Ro t.o.v. de overige behandelingen (inclusief CONTROLE), exclusief RRd.

³¹ De gerapporteerde zaadbankdepleties zijn mogelijk nog een onderschatting aangezien de bulkdensiteit significant toenam tijdens de vals zaaibed periode (Bijlage 3). De bodemstaalname op het einde van het vals zaaibed gebeurde echter op dezelfde diepte (5 cm) als voor de eerste bewerking, waardoor er mogelijk een groter bodemvolume met onkruidzaden in rekening werd gebracht na alle bewerkingen.



Figuur 35: Respons van de oppervlakkige (0-5 cm) *G. quadriradiata* (GASCI), *P. annua* (POAAN) en totale (TOTAAL) zaadbankdensiteit (zaden m⁻²) op de vals zaaibed behandelingen, weergegeven als de gemiddelde ratio ($\pm$ SE) van de absolute densiteit na het vals zaaibed tegenover de absolute densiteit voor de eerste vals zaaibed bewerking. Gemiddelde ratio's met eenzelfde letter zijn onderling niet significant verschillend binnen eenzelfde zaadbank reeks ($p > 0.05$). Indien een afzonderlijke behandeling leidde tot een significante uitputting van de GASCI, POAAN, of totale zaadbank (ratio 1 = geen effect) wordt dit aangegeven met * (one-sample t-test, $p < 0.05$). [**CONTROLE** = object zonder bewerkingen; **Br** = branden; **Rd** = diep rolschoffelen (4 cm); **Ro** = ondiep rolschoffelen (2 cm); **RRd** = dubbel diep rolschoffelen (4 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); **RRo** = dubbel ondiep rolschoffelen (2 cm, in dezelfde rijrichting en met een tussenpauze van 15 min); **Wd** = diep wiedegeen (3-3.5 cm); **Wo** = ondiep wiedegeen (1-1.5 cm)] [GASCI: Fisher's LSD op log getransformeerde data ($p = 0.042$, LSD = 0.443); POAAN: 1-weg ANOVA niet significant op $\sqrt{}$ getransformeerde data ($p = 0.696$); TOTAAL: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data ($p = 0.717$)]

4.1.3 Experiment 3: invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en veldopkomst

4.1.3.1 Karakterisatie van de initiële zaadbank

De oppervlakkige zaadbank (0-5 cm) van het proefperceel van experiment 3 kende, voor de eerste vals zaaibed bewerking, een soortenrijkdom van 12 verschillende onkruidsoorten (Tabel 32). De absolute densiteit van de totale oppervlakkige zaadbank bedroeg gemiddeld 3720 ± 284.3 zaden m^{-2} .³² De twee meest abundante soorten waren *P. annua* (POAAN, 59.9%) en *G. quadriradiata* (GASCI, 23.5%).

De Shannon diversiteitsindex en Simpson (dominantie-)index bedroegen resp. 1.1746 en 0.5749. De maximale Shannon index bedroeg 8.2215.

Tabel 32: Gemiddelde absolute en relatieve oppervlakkige zaadbankdensiteit (0-5 cm) op perceelsniveau bij experiment 3, voor de eerste vals zaaibed bewerking (06/07/2017).

Soort	Absolute densiteit ($y_i \pm SE$ (zaden m^{-2}))	Relatieve densiteit (P_i) (%)
<i>Poa annua</i> L.	2227 ± 75.5	59.9
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	874 ± 121.3	23.5
<i>Stellaria media</i> L. Vill.	383 ± 28.8	10.3
<i>Chenopodium album</i> L.	71 ± 15.0	1.9
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	53 ± 9.5	1.4
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	31 ± 8.2	0.9
<i>Senecio vulgaris</i> L.	27 ± 10.3	0.7
<i>Persicaria maculosa</i> Gray	18 ± 4.9	0.5
<i>Plantago major</i> L.	15 ± 4.5	0.4
<i>Solanum nigrum</i> L.	7 ± 2.6	0.2
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	7 ± 1.8	0.2
<i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>vulgare</i>	5 ± 1.9	0.1
TOTAAL	3720 ± 284.3	100

4.1.3.2 Evolutie van de veldbezetting in de tijd

4.1.3.2.1 *Galinsoga* veldbezetting

In Tabel 33 wordt de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting (planten m^{-2}) weergegeven voor alle objecten en op alle telmomenten, tijdens en na de vals zaaibed periode. In Figuur 36 wordt de tijdsreeks van de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting gevisualiseerd. De gemiddelde objectafhankelijke effectiviteit van de bewerkingen op T4 en T5 wordt in Tabel 33 weergegeven als het bestrijdingspercentage (BP) van de opgekomen *Galinsoga* zaailingen.

Voor aanvang van de eerste vals zaaibed bewerking (**T1**) waren er geen significante verschillen in *Galinsoga* veldopkomst tussen de objecten. Dit bevestigt de uniformiteit van de knopkruidbezetting over het ganse proefperceel. Op **T2** was de veldbezetting enkel in R1 niet significant lager dan in de CONTROLE. In de overige objecten werd nauwelijks nieuwe kieming waargenomen. Het verschil in veldbezetting tussen R1 en de overige mechanische behandelingen was bovendien niet significant. Op **T3**, evenals op **T4**, waren er geen significante verschillen in veldopkomst tussen alle objecten, inclusief CONTROLE. Uit Tabel 33 volgt bovendien dat rolschoffelen op T4, niet gecombineerd met wiedeggen, resulteerde in een gemiddeld bestrijdingspercentage van 34-66% voor *Galinsoga*. De effectiviteit van rolschoffelen op 3-4 cm (resp. R3 en R4) was hierbij significant hoger dan op een schoffeldiepte van 1 cm (R1). Additioneel oppervlakkig wiedeggen (1-1.5 cm) op T4 verhoogde het gemiddeld bestrijdingspercentage tot 67-87%. Enkel op een schoffeldiepte van 1 cm resulteerde de combinatie met wiedeggen (R1+W) in een significant (ongeveer 2x) hoger bestrijdingspercentage t.o.v. eenzijdig rolschoffelen (R1).

³² Gemiddelde m.b.t. het ganse proefperceel, gebaseerd op de gemiddelde totale absolute densiteit in elk van de 9 objecten met 4 parallellen (in totaal 36 mengstalen, genomen op 06/07/2017, voor de eerste vals zaaibed bewerking).

Een week na de laatste bewerking (**T6**) was de *Galinsoga* veldbezetting in de CONTROLE significant (gemiddeld 7.2x) hoger t.o.v. alle overige objecten. Bovendien reduceerde additioneel wieden in de gerolschoffelde objecten op significante wijze de veldbezetting en dit onafgezien van de schoffeldiepte, met uitzondering van 1 cm. De verklaring ligt hierbij in het significant hoger bestrijdingspercentage van de laatste bewerking indien rolschoffelen gecombineerd werd met oppervlakkig wieden (uitgezonderd op een schoffeldiepte van 3 cm). Tussen objecten met eenzijdig rolschoffelen (nl. R1, R2, R3 en R4) leidde ondiep bewerken op 1 cm (R1) tot de laagste veldbezetting (enkel significant lager dan in R2).

Een maand na de laatste bewerking (**T9**) was de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting, vergeleken met de CONTROLE, enkel significant lager in R1, R2, R3 en R3+W. Bij de rolschoffebewerkingen zonder wieden (R1, R2, R3 en R4) werd een bovendien een stijgende trend in *Galinsoga* veldbezetting waargenomen naarmate er dieper werd bewerkt in het vals zaaibed (verschillen onderling NS). Een paarsgewijze vergelijking binnen de verschillende schoffeldieptes maakt duidelijk dat additioneel wieden in de gerolschoffelde objecten algemeen resulteerde in een hogere finale *Galinsoga* veldbezetting en dit onafgezien van de schoffeldiepte, met uitzondering van 3 cm. De combinatie met wieden zorgde echter op geen enkele schoffeldiepte voor een significant verschillende veldbezetting. Tussen objecten met of zonder wieden was de veldbezetting in R1 enkel significant lager t.o.v. R2+W en R4+W. Daarenboven lijkt de *Galinsoga* veldbezetting te stagneren na T8 (Figuur 36). Deze vaststelling wordt mogelijk verklaard door het uitblijven van nieuwe kieming vanwege lichtexclusie door de reeds dichte onkruidpopulatie een maand na de laatste bewerking.

Tabel 33: Gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting (planten m⁻² ± SE) op de verschillende telmomenten in alle objecten. Op T5 en T6 werd een onderscheid gemaakt tussen nieuw opgekomen zaailingen (T5_NIEUW en T6_NIEUW) en de totale *Galinsoga* veldbezetting (T5 en T6). Op T4 en T5 wordt bovendien het bestrijdingspercentage (BP ± SE) van de bewerking weergegeven. Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde telmoment zijn onderling niet significant verschillend (p > 0.05). In de CONTROLE wordt vanaf T4 de *Galinsoga* veldbezetting beschouwd als maximaal en constant voor de resterende evaluatieperiode. [CONTROLE = object zonder bodemverstorende bewerkingen; R1 = rolschoffelen (1 cm); R1+W = rolschoffelen (1 cm) + wiedeggen (1-1.5 cm); R2 = rolschoffelen (2 cm); R2+W = rolschoffelen (2 cm) + wiedeggen (1-1.5 cm); R3 = rolschoffelen (3 cm); R3+W = rolschoffelen (3 cm) + wiedeggen (1-1.5 cm); R4 = rolschoffelen (4 cm); R4+W = rolschoffelen (4 cm) + wiedeggen (1-1.5 cm)]

Tijdens vals zaaibed							
	T1 (17/07/2017)	T2 (26/07/2017)	T3 (06/08/2017)	T4 (16/08/2017)	BP_T4 (%)	T5_NIEUW	T5 (22/08/2017)
CONTROLE	70 ± 16.8 a	94 ± 23.5 a	107 ± 33.3 a	114 ± 25.6 a			114 ± 25.6 a
R1	77 ± 16.9 a	43 ± 32.1 ab	51 ± 16.4 a	62 ± 20.9 a	34 ± 12.6 c	20 ± 4.2 a	57 ± 11.8 a
R1+W	96 ± 17.7 a	4 ± 1.4 b	64 ± 29.5 a	65 ± 23.4 a	67 ± 10.1 ab	27 ± 6.9 a	50 ± 17.6 a
R2	83 ± 14.4 a	0 ± 0.3 b	61 ± 23.1 a	81 ± 17.2 a	52 ± 4.8 bc	30 ± 5.6 a	70 ± 10.8 a
R2+W	107 ± 11.3 a	0 ± 0.0 b	77 ± 31.3 a	83 ± 17.1 a	69 ± 9.9 ab	40 ± 3.9 a	65 ± 11.4 a
R3	77 ± 16.4 a	0 ± 0.3 b	60 ± 27.8 a	81 ± 16.3 a	66 ± 9.2 ab	42 ± 13.6 a	72 ± 16.3 a
R3+W	90 ± 24.6 a	1 ± 0.8 b	47 ± 17.4 a	88 ± 13.9 a	81 ± 4.0 a	55 ± 11.9 a	70 ± 13.0 a
R4	49 ± 11.7 a	1 ± 0.5 b	43 ± 16.4 a	66 ± 12.7 a	63 ± 13.1 ab	45 ± 8.7 a	72 ± 10.9 a
R4+W	57 ± 19.1 a	0 ± 0.3 b	41 ± 12.7 a	70 ± 14.4 a	87 ± 5.7 a	36 ± 5.8 a	44 ± 2.7 a

Na vals zaaibed						
	BP_T5 (%)	T6_NIEUW	T6 (29/08/2017)	T7 (05/09/2017)	T8 (14/09/2017)	T9 (21/09/2017)
CONTROLE			114 ± 25.6 a	114 ± 25.6 a	114 ± 25.6 a	114 ± 25.6 a
R1	78 ± 11.0 c	2 ± 0.9 ab	15 ± 8.7 cde	25 ± 10.7 b	34 ± 10.1 c	30 ± 10.0 c
R1+W	99 ± 0.8 a	6 ± 2.2 ab	6 ± 2.2 de	32 ± 14.8 b	70 ± 24.2 bc	71 ± 29.0 abc
R2	64 ± 12.9 c	16 ± 8.7 a	44 ± 14.7 ab	55 ± 16.8 b	55 ± 9.7 bc	46 ± 11.3 bc
R2+W	99 ± 0.5 a	4 ± 1.8 ab	4 ± 1.7 ef	44 ± 6.8 b	83 ± 10.5 ab	82 ± 13.6 ab
R3	76 ± 14.4 bc	9 ± 3.4 a	29 ± 11.2 bc	62 ± 18.5 b	62 ± 14.0 bc	60 ± 16.3 bc
R3+W	97 ± 1.0 ab	2 ± 0.6 ab	3 ± 1.1 ef	35 ± 7.4 b	57 ± 3.1 bc	56 ± 5.8 bc
R4	75 ± 7.6 c	5 ± 2.8 ab	24 ± 7.3 bcd	49 ± 12.9 b	66 ± 12.9 bc	62 ± 18.6 abc
R4+W	99 ± 0.5 a	1 ± 0.3 bc	1 ± 0.4 f	46 ± 4.2 b	67 ± 7.4 bc	67 ± 5.7 ab

T1: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.3490)

T2: Kruskal-Wallis test significant op niet getransformeerde data (p = 0.0175), lettercode op basis van een Bonferroni test

T3: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.6670)

T4: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.6370)

BP_T4 (%): Fisher's LSD op niet getransformeerde data (p = 0.0158; LSD = 27.04)

T5_NIEUW: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.1320)

T5: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.1100)

BP_T5 (%): Kruskal-Wallis test significant op niet getransformeerde data (p = 0.0036), lettercode op basis van een Bonferroni test

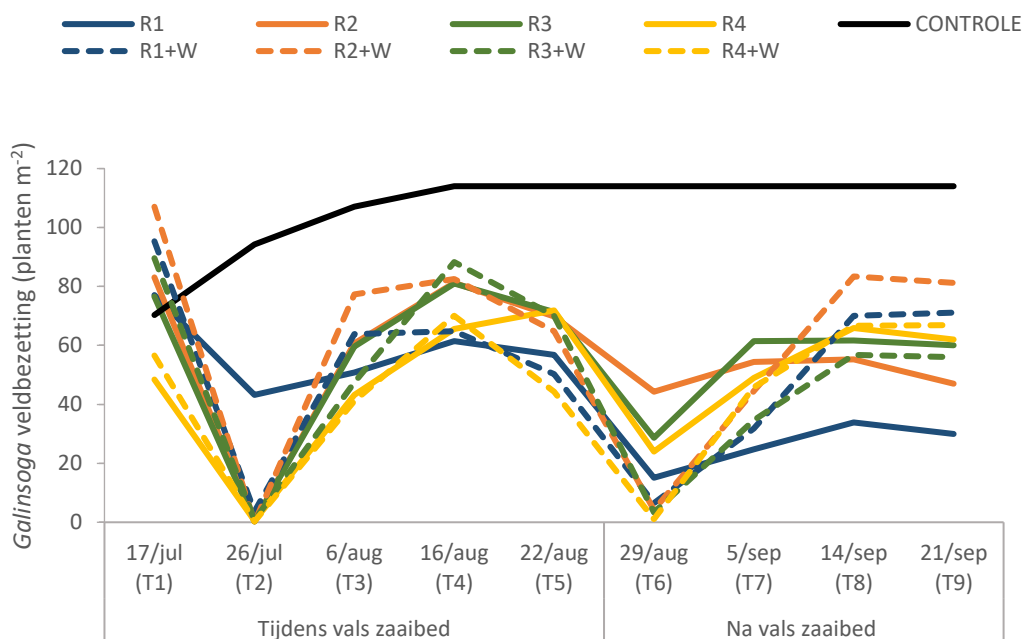
T6_NIEUW: Kruskal-Wallis test significant op niet getransformeerde data (p = 0.0161), lettercode op basis van een Bonferroni test

T6: Fisher's LSD op log getransformeerde data (p = 3.91*10⁻⁶; LSD = 1.33)

T7: Fisher's LSD op niet getransformeerde data (p = 0.0102; LSD = 42.12)

T8: Fisher's LSD op niet getransformeerde data (p = 0.0425; LSD = 42.94)

T9: Fisher's LSD op $\sqrt{}$ getransformeerde data (p = 0.0452; LSD = 2.87)



Figuur 36: Tijdsreeks van de gemiddelde *Galinsoga* veldbezetting in de verschillende objecten. De vermelde data bij T1 tot T9 stemmen overeen met een veldtelling. In de CONTROLE wordt vanaf T4 de *Galinsoga* veldbezetting beschouwd als maximaal en constant voor de resterende evaluatieperiode. [R1 = rolschoffelen (1 cm); R1+W = rolschoffelen (1 cm) + wiedegeen (1-1.5 cm); R2 = rolschoffelen (2 cm); R2+W = rolschoffelen (2 cm) + wiedegeen (1-1.5 cm); R3 = rolschoffelen (3 cm); R3+W = rolschoffelen (3 cm) + wiedegeen (1-1.5 cm); R4 = rolschoffelen (4 cm); R4+W = rolschoffelen (4 cm) + wiedegeen (1-1.5 cm); CONTROLE = object zonder bodemverstorende bewerkingen]

4.1.3.2.2 Totale veldbezetting van zaadonkruiden

In Tabel 34 wordt de gemiddelde totale veldbezetting van zaadonkruiden (planten m⁻²) weergegeven voor alle objecten en op alle telmomenten, tijdens en na de vals zaaibed periode. In Figuur 37 wordt de tijdsreeks van de gemiddelde totale veldbezetting gevisualiseerd.

Voor aanvang van de eerste vals zaaibed bewerking (T1) verschilde de totale veldopkomst van zaadonkruiden niet significant tussen de objecten. Dit bevestigt de uniformiteit van de totale onkruidbezetting over het ganse proefperceel. Op T2 was de totale veldbezetting in de CONTROLE significant (gemiddeld 18x) hoger t.o.v. alle andere objecten. Eveneens geldt dat, net als bij de *Galinsoga* veldbezetting, de totale veldbezetting onder de mechanische behandelingen het hoogst was in R1, maar niet significant hoger t.o.v. de overige mechanische bewerkingen. Op T3, evenals op T4, waren de verschillen in totale veldbezetting tussen alle behandelingen, inclusief CONTROLE, niet significant. Op T5 was de totale veldbezetting vergeleken met de CONTROLE enkel significant lager na additioneel wiedegeen, onafhankelijk van de schoffeldiepte. Onderling waren er geen significante verschillen in totale veldbezetting tussen R1, R2, R3 en R4, alsook niet tussen R1+W, R2+W, R3+W en R4+W. Wel geldt dat additioneel oppervlakkig wiedegeen na rolschoffelen op resp. 2, 3 en 4 cm leidde tot een significant lagere totale veldbezetting t.o.v. eenzijdig rolschoffelen. Deze vaststelling doet vermoeden dat de combinatie met wiedegeen op T4 ook resulteerde in een extra bestrijdingseffect van de totale onkruidpopulatie (enkel voor *Galinsoga* gekwantificeerd).

Een week na de laatste bewerking (T6) was de totale veldbezetting enkel in R2 niet significant lager dan in de CONTROLE. Bovendien waren er geen significante verschillen in totale veldbezetting tussen de verschillende bewerkingsdieptes, onafgezien er gecombineerd werd met wiedegeen. Wel geldt dat additioneel oppervlakkig wiedegeen na rolschoffelen op alle geteste dieptes resulteerde in een significant lagere totale veldbezetting. Het bestrijdingspercentage m.b.t. de totale onkruidpopulatie op T5 lag wellicht in dezelfde lijn als voor *Galinsoga* (Tabel 33), maar werd niet gekwantificeerd.

Een maand na de laatste bewerking (**T9**) was enkel de totale veldbezetting in R4+W niet significant lager dan in de CONTROLE. Tijdens het vals zaaibed rolschoffelen op 3 en 4 cm (R3 en R4) resulteerde in een significant (gemiddeld 1.9x) hogere totale veldbezetting t.o.v. een schoffeldiepte van 1 cm (R1). Bij de combinatie met wiedeggen was de totale veldbezetting in R4+W significant (ongeveer 1.8x) hoger dan in R1+W. Op geen enkele schoffeldiepte resulteerde additioneel wiedeggen in een significant verschillende totale veldbezetting t.o.v. eenzijdig rolschoffelen, ondanks de systematisch hogere totale veldbezetting na additioneel wiedeggen (uitgezonderd op een schoffeldiepte van 3 cm). Daarenboven lijkt de gemiddelde totale veldbezetting na T8 nog niet te stagneren (met uitzondering van R2) (Figuur 37).

Tabel 34: Gemiddelde totale veldbezetting (planten m⁻² ± SE) op de verschillende telmomenten in alle objecten. Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde telmoment zijn onderling niet significant verschillend (p > 0.05). In de controle wordt vanaf T4 de totale veldbezetting beschouwd als maximaal en constant voor de resterende evaluatieperiode. [**CONTROLE** = object zonder bodemverstorende bewerkingen; **R1** = rolschoffelen (1 cm); **R1+W** = rolschoffelen (1 cm) + wiedeggen (1-1.5 cm); **R2** = rolschoffelen (2 cm); **R2+W** = rolschoffelen (2 cm) + wiedeggen (1-1.5 cm); **R3** = rolschoffelen (3 cm); **R3+W** = rolschoffelen (3 cm) + wiedeggen (1-1.5 cm); **R4** = rolschoffelen (4 cm); **R4+W** = rolschoffelen (4 cm) + wiedeggen (1-1.5 cm)]

Tijdens vals zaaibed					
	T1 (17/07/2017)	T2 (26/07/2017)	T3 (06/08/2017)	T4 (16/08/2017)	T5 (22/08/2017)
CONTROLE	123 ± 19.7 a	231 ± 43.0 a	443 ± 134.8 a	641 ± 75.7 a	641 ± 75.7 a
R1	155 ± 24.2 a	80 ± 49.8 b	285 ± 93.6 a	615 ± 93.3 a	480 ± 45.3 ab
R1+W	151 ± 16.4 a	13 ± 5.0 b	227 ± 79.3 a	483 ± 68.4 a	297 ± 42.8 bc
R2	146 ± 20.7 a	3 ± 0.5 b	416 ± 157.1 a	855 ± 145.6 a	586 ± 89.2 a
R2+W	158 ± 14.4 a	1 ± 0.4 b	300 ± 105.0 a	680 ± 74.8 a	370 ± 49.1 bc
R3	133 ± 18.0 a	1 ± 0.3 b	431 ± 170.7 a	748 ± 132.6 a	570 ± 87.5 a
R3+W	150 ± 26.5 a	2 ± 1.3 b	273 ± 81.6 a	660 ± 87.0 a	377 ± 49.2 bc
R4	99 ± 20.5 a	1 ± 0.6 b	345 ± 144.4 a	575 ± 96.8 a	455 ± 87.6 ab
R4+W	111 ± 28.3 a	3 ± 1.0 b	249 ± 82.1 a	475 ± 58.7 a	207 ± 10.1 c

Na vals zaaibed				
	T6 (29/08/2017)	T7 (05/09/2017)	T8 (14/09/2017)	T9 (21/09/2017)
CONTROLE	641 ± 75.7 a	641 ± 75.7 a	641 ± 75.7 a	641 ± 75.7 a
R1	127 ± 79.4 b	156 ± 67.8 cd	187 ± 50.5 d	215 ± 44.7 d
R1+W	15 ± 3.2 c	92 ± 20.5 d	225 ± 44.3 cd	293 ± 55.4 cd
R2	270 ± 100.4 ab	315 ± 78.4 b	319 ± 42.6 bcd	322 ± 47.1 cd
R2+W	18 ± 4.6 c	134 ± 20.2 cd	327 ± 33.9 bcd	377 ± 48.7 bc
R3	231 ± 94.0 b	328 ± 87.9 b	398 ± 68.0 b	416 ± 69.4 bc
R3+W	12 ± 3.3 c	129 ± 11.4 cd	340 ± 35.9 bc	405 ± 25.7 bc
R4	169 ± 52.1 b	265 ± 66.9 bc	369 ± 54.6 bc	401 ± 43.1 bc
R4+W	8 ± 2.7 c	160 ± 6.8 bcd	417 ± 46.7 b	521 ± 65.8 ab

T1: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.4820)

T2: Kruskal-Wallis test significant op niet getransformeerde data (p = 0.0040), lettercode op basis van een Bonferroni test

T3: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.8740)

T4: 1-weg ANOVA niet significant op niet getransformeerde data (p = 0.1830)

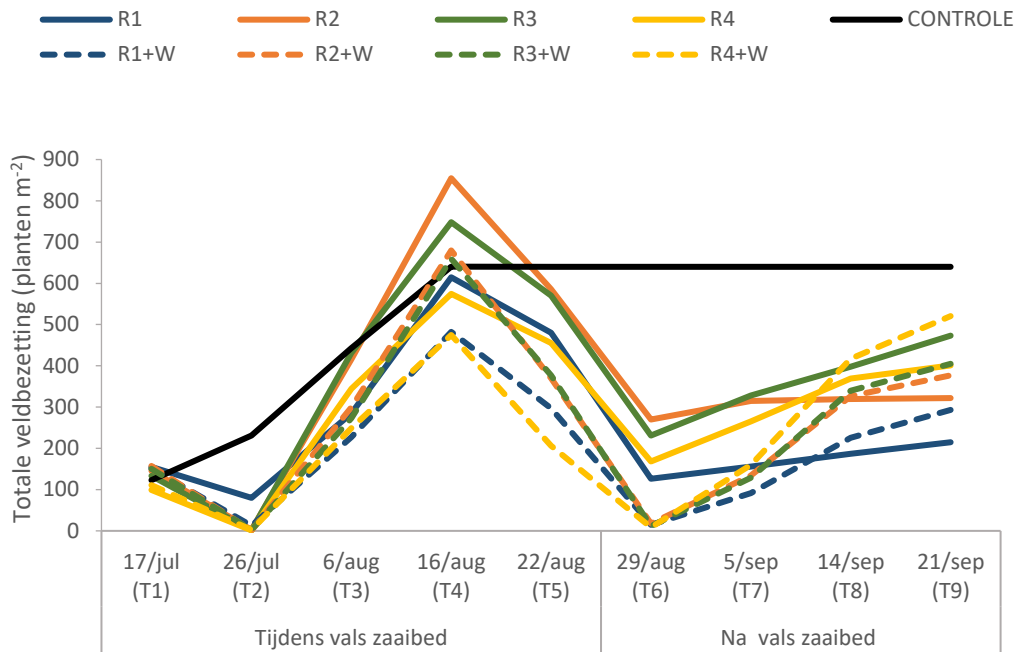
T5: Fisher's LSD op niet getransformeerde data (p = 8.50*10⁻⁴; LSD = 188.14)

T6: Fisher's LSD op log getransformeerde data (p = 3.54*10⁻⁸; LSD = 1.20)

T7: Fisher's LSD op log getransformeerde data (p = 3.65*10⁻⁴; LSD = 0.76)

T8: Fisher's LSD op niet getransformeerde data (p = 1.38*10⁻⁴; LSD = 150.75)

T9: Fisher's LSD op niet getransformeerde data (p = 5.20*10⁻⁴; LSD = 159.27)



Figuur 37: Tijdsreeks van de gemiddelde totale veldbezetting in de verschillende objecten. De vermelde data bij T1 tot T9 stemmen overeen met een veldtelling. In de CONTROLE wordt vanaf T4 de totale veldbezetting beschouwd als maximaal en constant voor de resterende evaluatieperiode. [R1 = rolschoffelen (1 cm); R1+W = rolschoffelen (1 cm) + wiedegeen (1-1.5 cm); R2 = rolschoffelen (2 cm); R2+W = rolschoffelen (2 cm) + wiedegeen (1-1.5 cm); R3 = rolschoffelen (3 cm); R3+W = rolschoffelen (3 cm) + wiedegeen (1-1.5 cm); R4 = rolschoffelen (4 cm); R4+W = rolschoffelen (4 cm) + wiedegeen (1-1.5 cm); CONTROLE = object zonder bodemversturende bewerkingen]

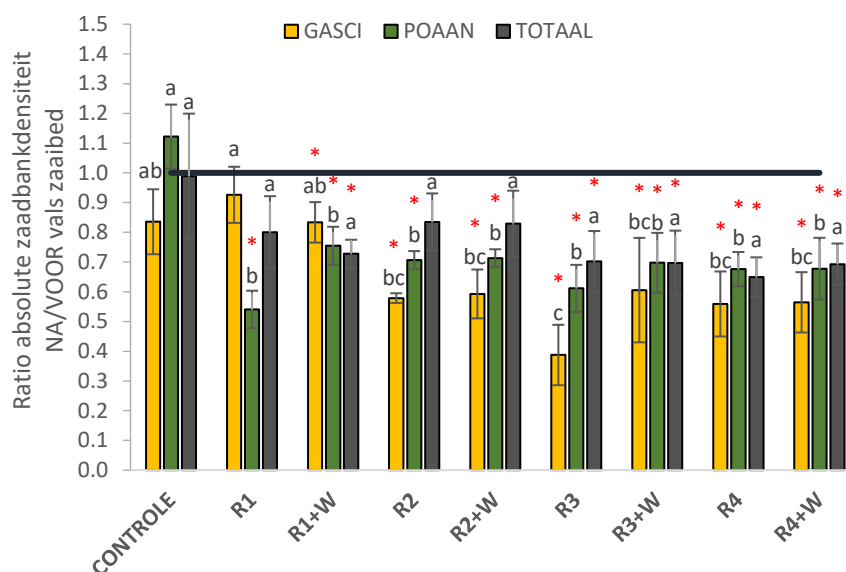
4.1.3.3 Invloed van valse zaai behandelingen op de oppervlakkige zaadbank

Uit Figuur 38 volgt dat de CONTROLE en rolschoffelen op een diepte van 1 cm (R1) de oppervlakkige GASCI zaadbank (0-5 cm) niet significant reduceerden. Rolschoffelen vanaf een diepte van 2 cm, al dan niet gecombineerd met wiedegeen, leidde tot een significant grotere depletie van de oppervlakkige GASCI zaadbank t.o.v. R1. De grootste uitputting van de oppervlakkige GASCI zaadbank werd vastgesteld in R3 (significante depletie van $61 \pm 10.2\%$) en was bovendien significant groter dan de uitputting in R1 (depletie van $7 \pm 9.4\%$, NS), R1+W (significante depletie van $17 \pm 6.8\%$) en de CONTROLE (depletie van $16 \pm 10.9\%$, NS). Additioneel wiedegeen zorgde op geen enkele schoffeldiepte voor een significant verschillende reductie van de GASCI zaadbank.

Betreffende POAAN resulteerde elke schoffeldiepte, al dan niet gecombineerd met wiedegeen, in een significante uitputting van de oppervlakkige zaadbank. De mate van reductie was significant hoger in alle objecten met mechanische valse zaai bewerkingen t.o.v. de CONTROLE, maar verschilde niet significant tussen de schoffeldieptes onderling. Ook had additioneel wiedegeen geen significante impact op de depletie van POAAN. Additioneel wiedegeen, alsook diepere schoffeldieptes, bieden bijgevolg geen significante meerwaarde m.b.t. de uitputting van de oppervlakkige POAAN zaadbank. De grootste (significante) depletie werd waargenomen op een schoffeldiepte van 1 cm (R1) ($46 \pm 6.3\%$).

Inzake de totale oppervlakkige zaadbank geldt dat R1+W, alsook de diepere bewerkingen (R3, R3+W, R4 en R4+W) leidden tot een significante depletie. De mate van reductie was echter niet significant verschillend tussen de CONTROLE en alle overige objecten. Rolschoffelen op 3-4 cm resulteerde algemeen in de grootste uitputting van de totale oppervlakkige zaadbank (significante depleties van 30-35%), hoewel de mate van totale depletie eveneens niet significant verschilde tussen alle

behandelingen onderling. Het effect van oppervlakkig wieden na rolschoffelen was evenwel op geen enkele schoffeldiepte significant.



Figuur 38: Respons van de oppervlakkige (0-5 cm) *G. quadriradiata* (GASCI), *P. annua* (POAAN) en totale (TOTAAL) zaadbankdensiteit (zaden m⁻²) op de vals zaaibed behandelingen, weergegeven als de gemiddelde ratio ($\pm$ SE) van de absolute densiteit na het vals zaaibed tegenover de absolute densiteit voor de eerste vals zaaibed bewerking. Gemiddelde ratio's met eenzelfde letter zijn onderling niet significant verschillend binnen eenzelfde zaadbank reeks ($p > 0.05$). Indien een afzonderlijke behandeling leidde tot een significante uitputting van de GASCI, POAAN, of totale zaadbank (ratio 1 = geen effect) wordt dit aangegeven met * (one-sample t-test, $p < 0.05$). [CONTROLE = object zonder bodemverstorende bewerkingen; R1 = rolschoffelen (1 cm); R1+W = rolschoffelen (1 cm) + wieden (1-1.5 cm); R2 = rolschoffelen (2 cm); R2+W = rolschoffelen (2 cm) + wieden (1-1.5 cm); R3 = rolschoffelen (3 cm); R3+W = rolschoffelen (3 cm) + wieden (1-1.5 cm); R4 = rolschoffelen (4 cm); R4+W = rolschoffelen (4 cm) + wieden (1-1.5 cm)] [GASCI: Fisher's LSD op niet getransformeerde data ($p = 0.0213$; LSD = 0.30); POAAN: Fisher's LSD op niet getransformeerde data ($p = 0.0013$; LSD = 0.22); TOTAAL: 1-weg ANOVA niet significant op $\sqrt{}$ getransformeerde data ($p = 0.603$)]

4.1.4 Experiment 4: diepte-opkomst proef

4.1.4.1 Maximale opkomstdiepte

Tabel 35 geeft het gemiddeld opkomstpercentage in functie van de begraafdiepte, berekend over beide bodemtexturen heen, voor de 40 verschillende *Galinsoga* populaties.

Hieruit volgt dat de maximale opkomstdiepte populatie-afhankelijk was en varieerde van 2-8 mm bij *G. parviflora* (GASPA) en van 4-16 mm bij *G. quadriradiata* (GASCI). Bij GASPA situeerde de maximale opkomstdiepte zich bij 8 van de 10 populaties reeds op 2-4 mm. Bij GASCI lag de maximale opkomstdiepte algemeen hoger, nl. 70% van de onderzochte populaties vertoonden een maximale opkomstdiepte tussen 8-16 mm.

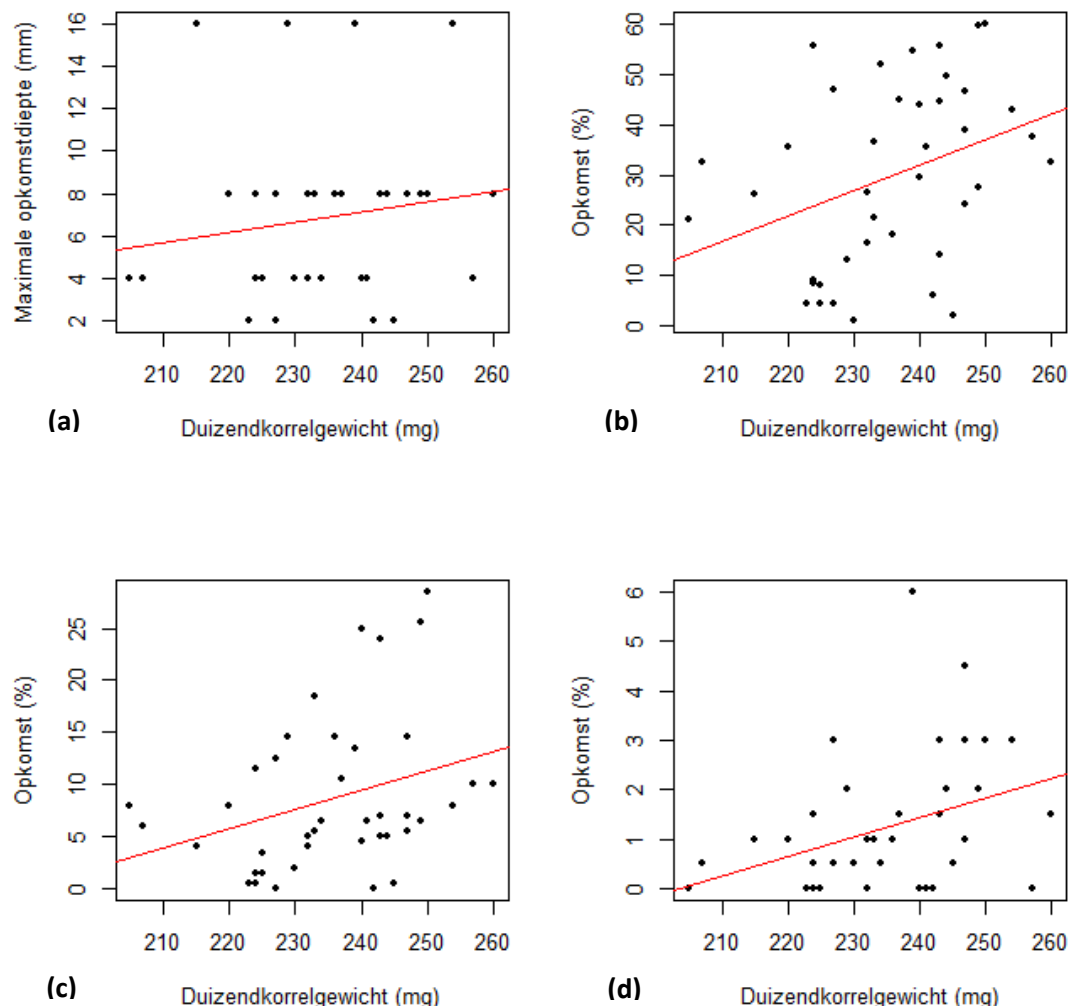
Tabel 35: Gemiddeld opkomstpercentage ($\pm$ SE) van 10 verschillende *G. parviflora* (GASPA) en 30 verschillende *G. quadriradiata* (GASCI) populaties gezaaid op vijf verschillende dieptes (berekend over beide bodemtexturen heen). Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde populatie zijn onderling niet significant verschillend ($p > 0.05$) (horizontale vergelijking) op basis van een Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of een Bonferroni test (geen homoscedasticiteit). Waarden in het vet corresponderen met de maximale opkomstdiepte van de populatie.

Soort	Populatie	Begraafdiepte (mm)				
		0	2	4	8	16
GASPA	4b	29.5 $\pm$ 4.53 a	4.5 $\pm$ 1.92 b	1.5 $\pm$ 1.05 b	0.0 $\pm$ 0.00 b	0.0 $\pm$ 0.00 b
	5	50.5 $\pm$ 3.62 a	4.5 $\pm$ 2.67 b	0.5 $\pm$ 0.50 b	0.0 $\pm$ 0.00 b	0.0 $\pm$ 0.00 b
	13	38.5 $\pm$ 5.70 a	4.5 $\pm$ 1.92 b	0.0 $\pm$ 0.00 b	0.5 $\pm$ 0.50 b	0.0 $\pm$ 0.00 b
	24	15.5 $\pm$ 3.50 a	2.0 $\pm$ 1.07 b	0.5 $\pm$ 0.50 b	0.5 $\pm$ 0.50 b	0.5 $\pm$ 0.50 b
	28	35.0 $\pm$ 1.96 a	8.5 $\pm$ 2.97 b	1.5 $\pm$ 1.05 c	0.0 $\pm$ 0.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	29	31.5 $\pm$ 2.44 a	9.0 $\pm$ 4.12 b	0.5 $\pm$ 0.50 b	1.5 $\pm$ 1.50 b	0.0 $\pm$ 0.00 b
	32b	33.0 $\pm$ 3.61 a	8.0 $\pm$ 2.39 b	3.5 $\pm$ 1.92 bc	0.0 $\pm$ 0.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	46	17.0 $\pm$ 2.80 a	6.0 $\pm$ 1.85 b	0.0 $\pm$ 0.00 b	0.0 $\pm$ 0.00 b	0.0 $\pm$ 0.00 b
	47	18.5 $\pm$ 2.71 a	1.0 $\pm$ 0.65 b	2.0 $\pm$ 1.31 b	0.5 $\pm$ 0.50 b	0.0 $\pm$ 0.00 b
	51	60.0 $\pm$ 5.01 a	18.0 $\pm$ 7.01 b	14.5 $\pm$ 4.40 b	1.0 $\pm$ 1.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
GASCI	4a	91.0 $\pm$ 3.00 a	21.0 $\pm$ 5.28 b	8.0 $\pm$ 2.14 c	0.0 $\pm$ 0.00 c	0.5 $\pm$ 0.50 c
	6	96.0 $\pm$ 1.69 a	35.5 $\pm$ 7.80 b	6.5 $\pm$ 3.20 c	0.0 $\pm$ 0.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	7	73.0 $\pm$ 6.62 a	32.5 $\pm$ 12.92 b	10.0 $\pm$ 4.53 bc	1.5 $\pm$ 1.50 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	8	89.0 $\pm$ 4.58 a	13.0 $\pm$ 4.94 b	14.5 $\pm$ 4.72 b	2.0 $\pm$ 2.00 b	1.0 $\pm$ 1.00 b
	9	91.0 $\pm$ 2.90 a	37.5 $\pm$ 11.54 b	10.0 $\pm$ 3.70 c	0.0 $\pm$ 0.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	10	79.0 $\pm$ 4.12 a	14.0 $\pm$ 4.96 b	7.0 $\pm$ 4.58 b	1.5 $\pm$ 0.73 b	0.5 $\pm$ 0.50 b
	11	82.5 $\pm$ 6.00 a	44.0 $\pm$ 13.84 b	25.0 $\pm$ 5.00 bc	0.0 $\pm$ 0.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	12	85.5 $\pm$ 3.38 a	27.5 $\pm$ 6.57 b	6.5 $\pm$ 1.99 c	2.0 $\pm$ 1.51 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	14	84.0 $\pm$ 2.93 a	24.0 $\pm$ 9.98 b	7.0 $\pm$ 3.61 bc	1.0 $\pm$ 0.65 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	15	85.0 $\pm$ 3.98 a	26.5 $\pm$ 5.01 b	4.0 $\pm$ 2.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	16	91.0 $\pm$ 1.81 a	29.5 $\pm$ 9.71 b	4.5 $\pm$ 1.76 c	0.0 $\pm$ 0.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	17	88.0 $\pm$ 3.21 a	35.5 $\pm$ 11.91 b	8.5 $\pm$ 4.63 c	1.0 $\pm$ 0.65 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	20	89.5 $\pm$ 1.99 a	26.0 $\pm$ 6.46 b	4.0 $\pm$ 1.51 c	1.0 $\pm$ 0.65 c	1.0 $\pm$ 0.65 c
	21	92.0 $\pm$ 2.39 a	52.0 $\pm$ 11.61 b	6.5 $\pm$ 2.72 c	0.5 $\pm$ 0.50 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	22	96.0 $\pm$ 1.69 a	16.5 $\pm$ 4.69 b	5.0 $\pm$ 1.46 c	1.0 $\pm$ 0.65 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	23	81.0 $\pm$ 4.39 a	36.5 $\pm$ 12.75 b	18.5 $\pm$ 10.53 bc	1.0 $\pm$ 0.65 c	0.5 $\pm$ 0.50 c
	25	59.5 $\pm$ 8.63 a	45.0 $\pm$ 9.73 a	10.5 $\pm$ 3.20 b	1.5 $\pm$ 0.73 b	0.5 $\pm$ 0.50 b
	26	84.0 $\pm$ 3.85 a	43.0 $\pm$ 10.73 b	8.0 $\pm$ 4.72 c	3.0 $\pm$ 1.65 c	1.0 $\pm$ 1.00 c
	32a	76.5 $\pm$ 5.83 a	60.0 $\pm$ 10.22 a	28.5 $\pm$ 10.10 b	3.0 $\pm$ 1.96 bc	0.5 $\pm$ 0.50 c
	33	89.5 $\pm$ 2.72 a	21.5 $\pm$ 6.67 b	5.5 $\pm$ 1.84 c	1.0 $\pm$ 1.00 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	34	96.5 $\pm$ 1.18 a	55.5 $\pm$ 6.21 b	24.0 $\pm$ 6.14 c	1.5 $\pm$ 1.05 d	0.5 $\pm$ 0.50 d
	35	95.5 $\pm$ 1.91 a	47.0 $\pm$ 7.16 b	12.5 $\pm$ 4.87 c	3.0 $\pm$ 1.65 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	36	81.5 $\pm$ 5.12 a	59.5 $\pm$ 10.37 b	25.5 $\pm$ 5.65 c	2.0 $\pm$ 1.31 d	0.5 $\pm$ 0.50 d
	37	88.5 $\pm$ 3.66 a	39.0 $\pm$ 5.00 b	14.5 $\pm$ 4.34 c	3.0 $\pm$ 2.48 cd	0.0 $\pm$ 0.00 d
	38	96.0 $\pm$ 1.51 a	55.5 $\pm$ 8.43 b	11.5 $\pm$ 6.02 c	0.5 $\pm$ 0.50 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	40	79.0 $\pm$ 4.05 a	54.5 $\pm$ 13.93 a	13.5 $\pm$ 5.23 b	6.0 $\pm$ 2.73 b	1.5 $\pm$ 1.50 b
	41	92.0 $\pm$ 3.46 a	49.5 $\pm$ 12.47 b	5.0 $\pm$ 3.09 c	2.0 $\pm$ 1.31 c	0.5 $\pm$ 0.50 c
	45	89.5 $\pm$ 2.38 a	32.5 $\pm$ 6.48 b	6.0 $\pm$ 3.02 c	0.5 $\pm$ 0.50 c	0.0 $\pm$ 0.00 c
	48	89.5 $\pm$ 2.38 a	46.5 $\pm$ 3.02 b	5.5 $\pm$ 3.54 c	4.5 $\pm$ 2.32 c	0.5 $\pm$ 0.50 c
	49	95.5 $\pm$ 2.67 a	44.5 $\pm$ 7.38 b	5.0 $\pm$ 2.36 c	3.0 $\pm$ 1.65 c	0.5 $\pm$ 0.50 c

De hoogste opkomst (cfr. optimale opkomstdiepte) werd stevast bij alle *Galinsoga* populaties gerapporteerd aan het bodemoppervlak (0 mm) en varieerde van 17-60% bij GASPA en van 73-97% bij GASCI. Slechts bij drie van de 40 populaties [allen GASCI; nr. 25 (Wachtebeke), 32a (Herentals) en 40 (Lauwe)], was de opkomst bij 0 mm niet significant hoger dan de opkomst op een begraafdiepte van 2 mm.

Het gemiddeld duizendkorrelgewicht van de 10 GASPA populaties bedroeg 230 ± 1.4 mg en was significant lager ($p = 2.55 \cdot 10^{-4}$) dan het gemiddeld duizendkorrelgewicht van de 30 GASCI populaties (237 ± 1.3 mg). Dit is in strijd met de duizendkorrelgewichten gerapporteerd door Rai & Tripathi (1983) waarbij zaden van *G. parviflora* (267 ± 2.6 mg) zwaarder bleken dan zaden van *G. quadriradiata* (225 ± 2.2 mg).

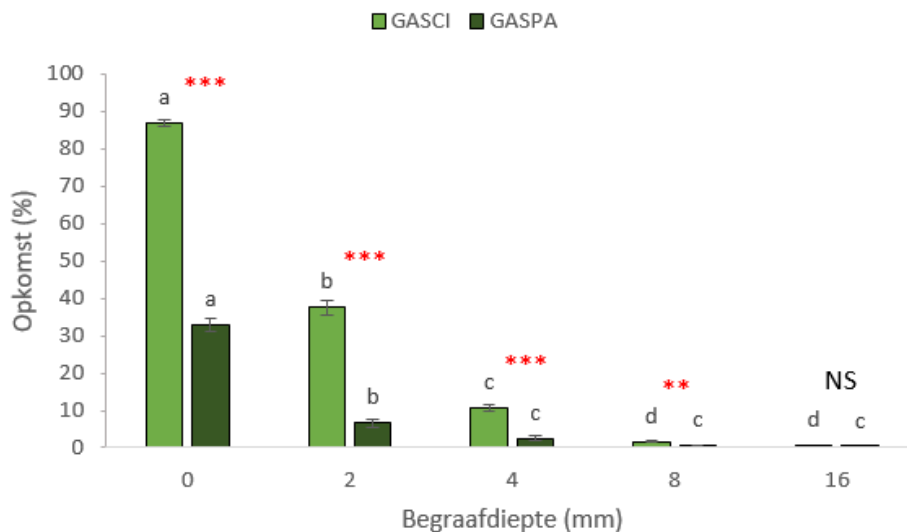
Bij een lineaire regressie tussen de maximale opkomstdiepte en het duizendkorrelgewicht van de 40 *Galinsoga* populaties bleek de richtingscoëfficiënt niet significant verschillend van 0 ($p = 0.320$) (Figuur 39a). Voor 2, 4 en 8 mm diep begraven zaden bleek uit een lineaire regressie tussen de opkomst en het DKG dat een hoger DKG de opkomst significant ($p < 0.05$) verhoogt (Figuur 39b/c/d). Diezelfde regressie was niet significant op een begraafdiepte van 0 en 16 mm ($p = 0.435$ bij 0 mm en $p = 0.498$ bij 16 mm).



Figuur 39: (a) Enkelvoudige lineaire regressie tussen de maximale opkomstdiepte en het duizendkorrelgewicht ($p_{(DKG)} = 0.320$): Maximale opkomstdiepte = $-4.457 + 0.048 \cdot DKG$ ($R^2 = 0.026$). (b) Enkelvoudige lineaire regressie tussen de opkomst en het duizendkorrelgewicht voor 2 mm diep begraven zaden ($p_{(DKG)} = 0.0239$): Opkomst = $-90.142 + 0.509 \cdot DKG$ ($R^2 = 0.127$). (c) Enkelvoudige lineaire regressie tussen de opkomst en duizendkorrelgewicht voor 4 mm diep begraven zaden ($p_{(DKG)} = 0.0455$): Opkomst = $-34.771 + 0.184 \cdot DKG$ ($R^2 = 0.101$). (d) Enkelvoudige lineaire regressie tussen de opkomst en duizendkorrelgewicht voor 8 mm diep begraven zaden ($p_{(DKG)} = 0.0193$): Opkomst = $-8.024 + 0.039 \cdot DKG$ ($R^2 = 0.136$).

4.1.4.2 Differentieel diepte-opkomst gedrag tussen *Galinsoga* spp.

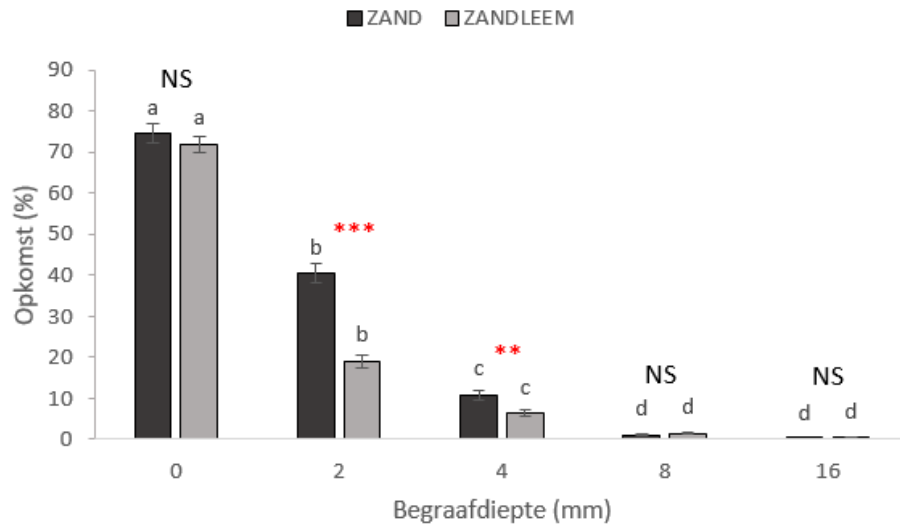
De opkomst van GASCI en GASPA nam exponentieel af met toenemende begraafdiepte (Figuur 40). De gemiddelde opkomst, berekend over beide bodemtexturen heen, was significant het hoogst bij onbedekte (0 mm) zaden, en dit zowel bij GASCI ($87 \pm 0.8\%$) als GASPA ($33 \pm 1.9\%$). Bij GASCI was de opkomst op 4 mm nog significant hoger dan op 8 en 16 mm (waartussen de opkomst onderling niet significant verschild), in tegenstelling tot bij GASPA. Hieruit blijkt dat GASPA preferentieel nog oppervlakkiger kiemt/opkomst vertoont dan GASCI. Bij beide *Galinsoga* spp. geldt dat het gros van de waargenomen opkomst (> 98%) afkomstig was uit de 0-4 mm laag. Daarenboven vertoonden GASCI zaden een significant hogere opkomst dan GASPA zaden en dit onafgezien van de begraafdiepte, met uitzondering van 16 mm.



Figuur 40: Gemiddeld opkomstpercentage ($\pm$ SE) van *G. quadriradiata* (GASCI, 30 populaties) en *G. parviflora* (GASPA, 10 populaties) in functie van de begraafdiepte (berekend over beide bodemtexturen heen). Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde soort zijn onderling niet significant verschillend ($p > 0.05$) op basis van een Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of Bonferroni test (geen homoscedasticiteit). Significante verschillen tussen beide soorten binnen eenzelfde begraafdiepte (Bonferroni test) zijn aangeduid met * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$) of *** ($p < 0.001$).

4.1.4.3 Invloed van begraafdiepte en bodemtextuur op *Galinsoga* opkomst

Zowel in het zand- als zandleemsubstraat was er een exponentiële afname in *Galinsoga* opkomst met een toenemende begraafdiepte (Figuur 41). De optimale opkomst, berekend over beide soorten heen, werd zowel in de zand- als zandleembodem gerapporteerd bij onbedekte zaden. Het gros van alle waargenomen opkomst (> 98%) was in beide bodemtexturen afkomstig uit de 0-4 mm laag. De bodemtextuur had geen effect op de opkomst van 0, 8 en 16 mm diep begraven *Galinsoga* zaden. Op een begraafdiepte van 2 en 4 mm werd echter wel een significant hogere opkomst vastgesteld in de lichtste bodemtextuur (zand) (resp. 2.1x en 1.7x hoger dan in zandleem).

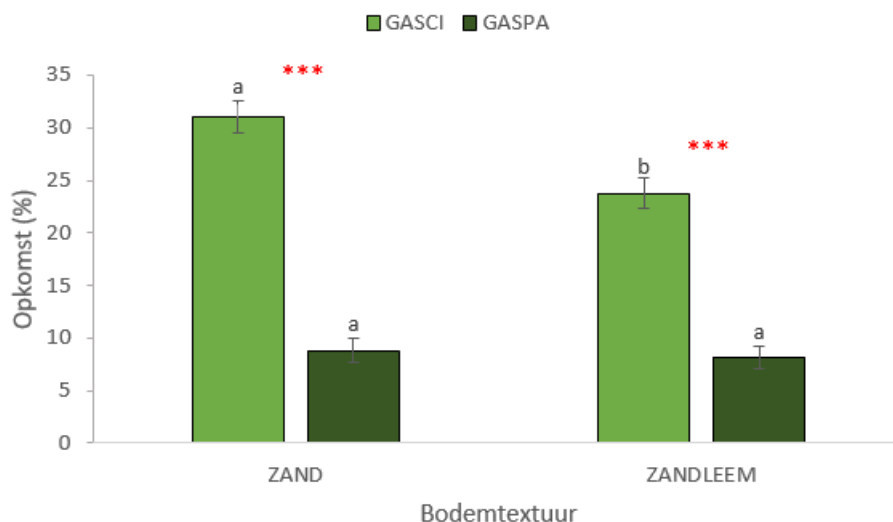


Figuur 41: Gemiddeld opkomstpercentage ($\pm$ SE) van *Galinsoga* in een zand- en zandleem substraat in functie van de begraafdiepte (berekend over beide *Galinsoga* spp. heen). Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde bodemtextuur zijn onderling niet significant verschillend ($p > 0.05$) op basis van een Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of Bonferroni test (geen homoscedasticiteit). Significante verschillen tussen beide bodemtexturen binnen eenzelfde begraafdiepte (Bonferroni test) zijn aangeduid met * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), *** ($p < 0.001$).

4.1.4.4 Invloed van bodemtextuur op opkomst van *G. quadriradiata* en *G. parviflora*

De gemiddelde totale opkomst van *G. quadriradiata* (GASCI, 30 populaties), berekend over de vijf begraafdieptes heen, was significant hoger in de zandbodem (opkomst van $31 \pm 1.5\%$) t.o.v. de zandleembodem (opkomst van $24 \pm 1.4\%$) en dit in tegenstelling tot *G. parviflora* (GASPA, 10 populaties) waarbij de bodemtextuur geen significante impact had op de gemiddelde totale opkomst (Figuur 42).

Zowel in de zand- als zandleembodem geldt dat de gemiddelde totale opkomst van *G. quadriradiata* significant hoger was dan van *G. parviflora* (3.5x en 2.9x hoger in resp. zand- en zandleem).



Figuur 42: Gemiddeld opkomstpercentage ($\pm$ SE) van *G. quadriradiata* (GASCI, 30 populaties) en *G. parviflora* (GASPA, 10 populaties) in een zand- en zandleem substraat (berekend over de vijf begraafdieptes heen). Gemiddeldes met eenzelfde letter binnen eenzelfde soort zijn onderling niet significant verschillend ($p > 0.05$) op basis van een Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of Bonferroni test (geen homoscedasticiteit). Significante verschillen in opkomst tussen beide soorten binnen eenzelfde bodemtextuur (Bonferroni test) zijn aangeduid met * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), *** ($p < 0.001$).

4.2 Discussie

4.2.1 Experiment 1: vals zaaibed proef in wortelruggen

De verschillende vals zaaibed systemen reduceerden, vijf weken na installatie van het gewas, significant de veldbezetting van zowel *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden met gemiddeld resp. 62% en 56% t.o.v. een onbehandelde controle. Dit resultaat ligt in lijn met de totale onkruidreducties van 43-83% als gevolg van een vals zaaibed (t.o.v. een onbehandelde controle) die door Riemens *et al.* (2007) werden vastgesteld.

Zowel de bodemverstorende (mechanische) als niet bodemverstorende (thermische) vals zaaibed operaties resulteerden echter niet in een reductie van de *Galinsoga* of totale zaadbank in de 0-5 cm toplaag. Zowel branden als ondiep rolschoffelen (1 cm) brengen respectievelijk geen of een gering aantal extra zaden in kiempositie en hebben bijgevolg een verwaarloosbare impact op de zaadbank in de 0-5 cm toplaag. Het zijn immers enkel de *Galinsoga* zaden in kiempositie (0-1 cm) die tijdens het vals zaaibed daadwerkelijk geëlimineerd worden na kieming. Mogelijk werden eventuele beperkte zaadbankdepleties ook gemaskeerd doordat de zaadbankanalyses gebeurden op diepgevroren bodemstalen. Alle stalen werden immers t.e.m. 06/07/2017 per vergissing foutief bewaard bij een temperatuur van -5°C. Betreffende de stalen genomen voor en na het vals zaaibed betekende dit een bewaarperiode van resp. 76 en 31 dagen. De absolute zaadbankgrootte bij aanvang van het vals zaaibed werd bijgevolg mogelijk onderschat door de nadelige impact van de langere vriesbewaring op de vitaliteit van vochtig bewaarde zaden. Echter, uit de literatuur volgt dat het effect van vriesbewaring op de vitaliteit van vochtig bewaarde *Galinsoga* zaden waarschijnlijk beperkt is. Ivany & Sweet (1973) vonden immers, zowel bij *G. parviflora* als *G. quadriradiata*, geen significant lagere opkomst na zes weken bewaring van vochtige zaden bij -18°C, vergeleken met zes weken bewaring bij 10°C. Op de andere soorten valt een negatieve impact echter niet uit te sluiten.

Tijdens de vals zaaibed periode reduceerden zowel rolschoffelen als branden op T-3 (10/05/2017) significant (gemiddeld met factor 12) de *Galinsoga* veldbezetting op T-2 (16/05/2017) t.o.v. de onbehandelde controle. Aangezien op T-3 over het ganse proefperceel nog geen *Galinsoga* veldopkomst werd waargenomen, doet deze vaststelling vermoeden dat zowel de bodemverstorende als niet bodemverstorende technieken reeds gekiemde, maar nog niet opgekomen of waarneembare *Galinsoga* zaailingen bestreden. Door de contactwerking van de thermische techniek (Bond & Grundy, 2001) wordt normaalgezien geen impact verwacht op niet opgekomen zaailingen. Uit onderzoek van Ivany (1971) en De Cauwer *et al.* (2013) bleek echter dat *Galinsoga* preferentieel zeer oppervlakkig kiemt (0-4 mm). Ivany (1971) rapporteerde een kieming van 98% aan het bodemoppervlak, wat beaamd wordt door De Cauwer *et al.* (2013) die eveneens een optimale kieming vonden bij niet begraven zaden. Het valt bijgevolg niet uit te sluiten dat een thermische behandeling er toch in slaagde om oppervlakkig gelegen, nog niet waarneembare, zaailingen af te doden.

De bewerkingsfrequentie gedurende de vals zaaibed periode (twee- of viermaal bewerken) had, zowel bij de mechanische als thermische technieken, geen significante impact op de *Galinsoga* en totale onkruidensiteit zo'n vijf weken na installatie van het gewas. Het frequenter mechanisch beroeren van de bodem (in de 0-1 cm toplaag) leidde bijgevolg niet tot extra kiemingsgolven tijdens het vals zaaibed (zoals verwacht door Lamour & Lotz, 2007; Riemens *et al.*, 2007), gerelateerd aan een extra uitputting van de zaden in de bovenste centimeter en een grotere dichtheidsreductie in het gewas. De suboptimale weersomstandigheden voor onkruidkieming gedurende de vals zaaibed periode (specifiek m.b.t. *Galinsoga*, zie hieronder), in combinatie met het gering aantal zaden dat in kiempositie gebracht werd (zie hierboven), bieden hiervoor wellicht een verklaring. De vaststelling dat frequenter thermisch bewerken de onkruidensiteit niet extra reduceerde is analoog aan de bevindingen van Caldwell &

Mohler (2001) die eveneens geen significant verschil vaststelden in de finale totale onkruidbezetting na een vals zaaibed met resp. één en drie brandbeurten.

Mechanische en thermische technieken kunnen in een vals zaaibed alternerend worden ingezet (Riemens *et al.*, 2011). De combinatie van één maal rolschoffelen (1 cm) en één brandbeurt gedurende de vals zaaibed periode kon de finale *Galinsoga* en totale veldbezetting in het gewas met gemiddeld resp. 17% en 26% reduceren t.o.v. tweemaal rolschoffelen (verschillen NS) en met gemiddeld resp. 17% en 16% t.o.v. tweemaal branden (verschillen NS). Eindigen met een brandbeurt bracht immers geen nieuwe zaden in kiempositie net voor installatie van het gewas, in tegenstelling tot een bodemverstorende laatste bewerking. Het rolschoffelen in het begin van de vals zaaibed periode initieerde wellicht extra kieming t.o.v. eenzijdig branden (Lamour & Lotz, 2007; Riemens *et al.*, 2007), resulterend in een (beperkte) extra uitputting van onkruidzaden in de bovenste centimeter. De verschillen in onkruiddensiteit in het gewas waren onderling echter niet significant na het alternerend rolschoffelen en branden, het eenzijdig rolschoffelen en het eenzijdig branden.

De intensiteit van de mechanische bewerkingen beïnvloedde significant de veldopkomst gedurende de vals zaaibed periode. Dubbel rolschoffelen op T-3 (10/05/2017), op dezelfde diepte (1 cm) en in tegengestelde rijrichting, leidde immers op T-2 (16/05/2017) tot een significant lagere *Galinsoga* (2 ± 1.4 pl. m⁻²) en totale veldopkomst (13 ± 2.8 pl. m⁻²) t.o.v. de objecten met een voorafgaande enkelvoudige rolschoffelbewerking (gemiddeld resp. 19 ± 8.5 pl. m⁻² en 45 ± 12.1 pl. m⁻²). Dit suggereert dat het intensiever beroeren van de bodem leidde tot extra afdoding van gekiemde maar nog niet opgekomen of waarneembare zaailingen en bovendien de onkruidkieming in het vals zaaibed niet extra stimuleerde (althans niet waarneembaar) t.o.v. enkelvoudig rolschoffelen. Vijf weken na afloop van het vals zaaibed was de impact van de bewerkingsintensiteit op de onkruidbezetting in het gewas echter niet significant.

De gewasbezetting op de wortelruggen was, vijf weken na zaai, gemiddeld ruim 20% lager in objecten met enkel thermische bewerkingen tijdens het vals zaaibed t.o.v. objecten met minstens één mechanische bewerking (verschillen NS). Dit wordt mogelijk verklaard door de negatieve impact van verslemping, gevolgd door korstvorming, op de gewasopkomst (Kurstjens, 1998). Deze problematiek was immers het grootst in objecten met eenzijdige thermische bewerkingen aangezien de korst daar tijdens of na het vals zaaibed nooit werd gebroken. Het alterneren van mechanische en thermische technieken, alsook het verhogen van de zaaddosis met $\pm 20\%$ na eenzijdig branden in het vals zaaibed, kunnen hiervoor een oplossing bieden. De significant lagere gewasbezetting in de controle (333 ± 20.2 pl. m⁻²) vergeleken met na intensief rolschoffelen (483 ± 5.2 pl. m⁻²) en na het alternerend rolschoffelen en branden (479 ± 27.9 pl. m⁻²) houdt mogelijk verband met de significant hogere *Galinsoga* en totale onkruidbezetting in het object zonder voorafgaand vals zaaibed (resp. 74 ± 7.1 pl. m⁻² en 84 ± 7.9 pl. m⁻²), resulterend in extra concurrentie vergeleken met de *Galinsoga* en totale bezetting na intensief rolschoffelen (resp. 32 ± 5.4 pl. m⁻² en 43 ± 7.8 pl. m⁻²) en het alternerend rolschoffelen en branden (25 ± 7.2 pl. m⁻² en 31 ± 6.5 pl. m⁻²). Deze vaststelling bevestigt eveneens de meerwaarde van een voorafgaand vals zaaibed.

Experiment 1 benadrukt tevens de impact van de timing en de weersomstandigheden op de effectiviteit van een vals zaaibed gericht op een specifieke onkruidsoort, een aandachtspunt dat door de resultaten van van der Weide *et al.* (2002) reeds werd aangekaart [zie 2.2.4.1.1.2 Succesfactoren]. Uit de zaadbankanalyse bleek *G. quadriradiata* in het begin van de vals zaaibed periode 81.3% van de totale oppervlakkige zaadbank te vertegenwoordigen (711 ± 126.3 zaden m⁻²). Tijdens de eerste maand van het vals zaaibed werd er evenwel nog geen veldopkomst van *Galinsoga* gerapporteerd, wat verklaard wordt door de suboptimale weerscondities voor de kieming van *Galinsoga* gedurende deze periode. De gemiddelde dag- en nachttemperatuur tussen 11/04/2017 (aanleg vals zaaibed) en

10/05/2017 bedroegen resp. 11.1°C en 6.7°C. Zo'n drie weken na aanleg van het vals zaaibed was er wel reeds een (lage) opkomst van andere zaadonkruiden, variërend van 13-18 pl. m⁻². De twee meest waargenomen soorten waren *P. annua*, waarvan de kieming start vanaf 2-5°C (Warwick, 1979), en *S. media* met een minimale kiemingstemperatuur van 4°C (Van der Vegte, 1978). *Galinsoga quadriradiata* is echter een thermofiel onkruid met een optimale kiemingstemperatuur van 24-25/18-20°C (Shontz & Shontz, 1972; De Cauwer *et al.*, 2013). Devos (2012) vond bij een alternerend temperatuurregime van 11/6°C een significant lager kiemingspercentage van *G. quadriradiata* (14-63%) dan bij 25/20°C (> 93%). Daarenboven was het voorjaar van 2017 erg droog. Van 11/04/2017 t.e.m. 10/05/2017 viel in totaal slechts 19.6 mm neerslag.³³ Dit, in combinatie met de lage temperaturen, was nefast voor een optimale *Galinsoga* kieming. Deze suboptimale kiemingsomstandigheden versterkten wellicht, bovenop de beperkte bodemberoering in het vals zaaibed en de vriesbewaring van de bodemstalen, het uitblijven van een reductie van de oppervlakkige *Galinsoga* zaadbank. Een vals zaaibed onder lage voorjaartemperaturen en een suboptimale vochtvoorziening wordt bijgevolg afgeraden indien het specifiek op een reductie van de *Galinsoga* zaadbank gericht is.

4.2.2 Experiment 2: invloed van techniek en diepte-instelling op zaadbankdepletie en veldopkomst

Drie eenzijdige brandbeurten tijdens het vals zaaibed bleken voldoende om de gemiddelde *Galinsoga* veldopkomst significant te reduceren t.o.v. de gemiddelde opkomst na mechanisch bewerken (ruim 25x lager) en de veldbezetting in de controle (ruim 22x lager). Dit valt te verklaren a.d.h.v. de kiemingsbiologie van *Galinsoga*. Uit de literatuur (Ivany, 1971; Warwick & Sweet, 1983; De Cauwer *et al.*, 2013) blijkt *Galinsoga* een duidelijke oppervlaktekiemer met het gros van de opkomst uit de 0-4 mm laag, wat eveneens bevestigd wordt door de resultaten van experiment 4 (diepte-opkomst proef). Aangezien *Galinsoga* bovendien hittegevoelig is (Wzselaki *et al.*, 2007) en branden, in tegenstelling tot mechanisch bewerken, geen nieuwe zaden in kiempositie brengt, resulteerden opeenvolgende brandbeurten in een gestage reductie van het aantal *Galinsoga* zaden in kiempositie en bijgevolg in het aantal opgekomen *Galinsoga* zaailingen. Een maand na de laatste bewerking bleek de *Galinsoga* veldbezetting bovendien nog steeds significant (gemiddeld 18x) lager na vijf eenzijdige thermische bewerkingen dan na de mechanische bewerkingen. De geringe nakieming van de fotoblastische *Galinsoga* zaden in gebrande plots is mogelijk ook het gevolg van de geringere lichtinfiltratie als gevolg van verslemping en korstvorming bij eenzijdig branden (cfr. experiment 1). Dit toont aan dat de ingezette techniek ook de maximale opkomstdiepte (cfr. experiment 4) kan beïnvloeden. Aangezien zaden dieper dan ±4 mm niet beïnvloed werden door de thermische behandelingen, leidde eenzijdig branden niet tot een significante uitputting van de *Galinsoga* zaadbank in de 0-5 cm toplaag (depletie van 9 ± 10.2%, NS), in tegenstelling tot vijfmaal ondiep (2 cm) of dubbel diep (4 cm) rolschoffelen (depleties van resp. 54 ± 3.9% en 35 ± 12.6%).

Het feit dat eenzijdig branden een ideale strategie lijkt om de *Galinsoga* veldopkomst na het vals zaaibed te beperken, kan echter niet veralgemeend worden naar andere onkruidsoorten. Deze strategie resulteerde immers in een duidelijke floraverschuiving ten voordele van *P. annua*, waarvan de maximale opkomstdiepte (±15 mm, Peachey *et al.*, 2001) dieper ligt dan bij *Galinsoga*. Ook bleken, uit experimentele vaststellingen, thermische bewerkingen niet steeds 100% effectief in de bestrijding van *P. annua* (niet gekwantificeerd). De vaststelling dat *P. annua* moeilijk te controleren is d.m.v. branden wordt bevestigd door Ascard (1995) en Boonen *et al.* (2013). Caldwell & Mohler (2001) en Boyd *et al.* (2006) vermeldden eveneens een beperkte effectiviteit van thermische technieken t.a.v. grassen aangezien deze hergroei vertonen vanuit dieper gelegen groeipunten. Een week na de laatste

³³ Op 03/05/2017 werd wel, bovenop de natuurlijke neerslag, 10 mm extra beregend met een spuitboom.

bewerking was de totale veldbezetting in de gebrande plots (95 ± 32.3 pl. m⁻², waarvan meer dan 95% *P. annua*) dan ook significant hoger dan na enkelvoudig rolschoffelen (30 ± 14.8 pl. m⁻²) en dubbel rolschoffelen (7 ± 2.8 pl. m⁻²) (diep (4 cm) en ondiep (2 cm) telkens samen beschouwd). Deze uitgangssituatie met een rijke *P. annua* populatie kort na afloop van het vals zaaibed is echter ongunstig met de installatie van een traag kiemend gewas in het vooruitzicht. Deze vaststelling benadrukt dat een ideale vals zaaibed strategie m.b.t. de preventieve bestrijding van *Galinsoga* suboptimaal kan zijn voor een andere onkruidsoort. Vanuit dit standpunt is, niettegenstaande de zeer beperkte *Galinsoga* nakieming na eenzijdig branden, een alternatie van bodemversturende en niet bodemversturende technieken in het vals zaaibed wellicht een betere optie om de totale onkruiddruk kort na afloop van het vals zaaibed te beperken (cfr. experiment 1).

Een maand na de laatste bewerking leidde eenzijdig branden daarentegen wel tot een significant lagere totale veldbezetting (152 ± 36.2 pl. m⁻², waarvan nog steeds meer dan 95% *P. annua*) t.o.v. de controle (561 ± 50.3 pl. m⁻²), de objecten met rolschoffelf bewerkingen (gemiddeld 436 ± 75.5 pl. m⁻²) en diep (3-3.5 cm) wiedegegen (362 ± 35.5 pl. m⁻²). Mechanische bewerkingen resulteerden immers nog in een sterke nakieming van zowel *Galinsoga* als andere zaadonkruiden (Figuur 43).³⁴ Analoge vaststelling volgt uit de resultaten van Caldwell & Mohler (2001), waar driemaal branden in een vals zaaibed finaal resulteerde in een significante reductie van de totale onkruidensiteit en -biomassa t.o.v. een onbehandelde controle en objecten bewerkt met de rotoeg (één bewerkingsmoment) en de wiedege (drie bewerkingsmomenten). Ook Boyd *et al.* (2006) rapporteerden een significant lagere totale onkruidbezetting bij een voorafgaand vals zaaibed zonder bodemverstoring (branden) t.o.v. bodemversturende vals zaaibed bewerkingen (schoffelen), zo'n drie weken na de installatie van spinazie (*Spinacia oleracea* L.).

Vijfmaal eenzijdig branden leidde daarentegen niet tot een significante reductie van de totale oppervlakkige zaadbank (depletie van $11 \pm 15.0\%$), in tegenstelling tot alle rolschoffelf bewerkingen waarvan de totale (significante) reducties schommelden tussen 29-42%. De extra kiemingsstimuli teweegebracht door bodemberoering gedurende de vals zaaibed periode (Lamour & Lotz, 2007; Riemens *et al.*, 2007) bieden hiervoor een verklaring. In tegenstelling tot 1 cm diep rolschoffelen (experiment 1) blijkt dieper rolschoffelen (experiment 2) bijgevolg wel in staat om de zaadbank in de 0-5 cm toplaag te reduceren.



Figuur 43: Floraverschuiving ten voordele van *P. annua* door eenzijdige thermische bewerkingen. (a) Totale onkruidvegetatie (445 ± 65.7 pl. m⁻²) na vijf maal enkelvoudig ondiep rolschoffelen (2 cm), een maand na de laatste bewerking (21/09/2017). (b) Totale onkruidvegetatie (152 ± 36.2 pl. m⁻²) na vijf brandbeurten, een maand na de laatste bewerking (21/09/2017).

³⁴ Na de mechanische bewerkingen was er, in tegenstelling tot na branden, geen floraverschuiving zichtbaar. Hierdoor kan, op basis van de initiële zaadbanksamenstelling van het proefperceel (Tabel 28), het relatief aandeel *P. annua* in de mechanisch bewerkte plots geschat worden op $\pm 68\%$ van de totale onkruidbezetting.

De uitputting van de *Galinsoga* zaadbank in de 0-5 cm toplaag was significant hoger na ondiep rolschoffelen (depletie van $54 \pm 3.9\%$, NS) dan na diep rolschoffelen (depletie van $11 \pm 11.1\%$, NS) en na de controle (depletie van $11 \pm 4.9\%$, NS). Mogelijk is deze vaststelling gerelateerd aan de betere verkruiemeling die de kieming bevorderde na ondiep bewerken t.o.v. diep bewerken. Gedurende de vals zaaibed periode was er echter geen verschil in *Galinsoga* opkomst na diep of ondiep bewerken. Mogelijk waren tal van gekiemde zaailingen echter nog niet waarneembaar op het moment van de veldtellingen. De *Galinsoga* veldbezetting was een maand na de laatste bewerking daarenboven lager na ondiep rolschoffelen (46 ± 13.9 pl. m⁻²) dan na diep rolschoffelen (55 ± 15.1 pl. m⁻²) (verschillen onderling NS). De significant lagere zaadbankdepletie na diep rolschoffelen en het feit dat diepere bewerkingen tal van nieuwe zaden uit diepere bodemlagen (> 2 cm) aan het oppervlak brengen, een problematiek die eveneens door Merfield (2002) wordt aangekaart, kunnen de (beperkt) hogere nakieming na diep t.o.v. ondiep rolschoffelen verklaren. Voor het totaal van zaadonkruiden werden, m.b.t. de depletie van de oppervlakkige zaadbank en de finale veldbezetting, geen significante verschillen gevonden tussen diep/ondiep rolschoffelen en de controle.

De niet significante reducties van de oppervlakkige *Galinsoga* en totale zaadbank na ondiep wiedeggen (1-1.5 cm) (depleties van resp. $18 \pm 19.3\%$ en $13 \pm 16.5\%$), diep wiedeggen (3-3.5 cm) (depleties van resp. $22 \pm 13.0\%$ en $20 \pm 20.2\%$) en de controle (depleties van $11 \pm 4.9\%$ en $18 \pm 14.0\%$) waren onderling nergens significant verschillend. Ondiep wiedeggen leidde een maand na de laatste bewerking tot een (niet significant) lagere *Galinsoga* en totale veldbezetting t.o.v. diep wiedeggen (resp. 39% en 27% lager). De finaal geringere *Galinsoga* veldbezetting na ondiep wiedeggen wordt verklaard doordat deze bewerkingen stevast in de toplaag werden uitgevoerd en zo de dieper gelegen zaden op geen enkel moment in kiempositie brachten. Een aandachtspunt is wel dat ondiep wiedeggen tijdens de laatste bewerking gemiddeld resulteerde in een significant lager bestrijdingspercentage van *Galinsoga* ($53 \pm 4.1\%$) t.o.v. diep wiedeggen ($87 \pm 2.5\%$), waardoor diep wiedeggen beter scoort om de onkruidruk initieel laag te houden bij installatie van het gewas. Een week na de laatste bewerking waren de *Galinsoga* en totale veldbezetting immers gemiddeld 2x (NS) en 2.6x (significant) hoger na ondiep wiedeggen t.o.v. diep wiedeggen.

De impact van de bewerkingsintensiteit op de zaadbankdepletie was afhankelijk van de schoffeldiepte. Na dubbel ondiep rolschoffelen was de uitputting van de oppervlakkige *Galinsoga* zaadbank (depletie van $18 \pm 10.5\%$, NS) significant lager dan na enkelvoudig ondiep rolschoffelen (significante depletie van $54 \pm 3.9\%$), terwijl de reductie van de totale oppervlakkige zaadbank nagenoeg gelijk was (significante depleties van 32-36%). De finale *Galinsoga* en totale veldbezetting waren niet significant verschillend na dubbel of enkelvoudig ondiep rolschoffelen, alsook was er geen significant verschil merkbaar met de controle. Bij diep rolschoffelen toonde de zaadbankanalyse daarentegen een (niet significant) grotere uitputting van *Galinsoga* en het totaal van onkruiden na dubbele rolschoffelbewerkingen (significante depleties van resp. $35 \pm 12.6\%$ en $42 \pm 8.4\%$) dan na enkelvoudige rolschoffelbewerkingen (resp. depletie van $11 \pm 11.0\%$ (NS) en significante depletie van $29 \pm 12.5\%$). Het intensiever bewerken op een diepte van 4 cm bleek dus wel, in tegenstelling tot op een diepte van 2 cm, extra kieming te stimuleren tijdens het vals zaaibed. Ook bij diep rolschoffelen werd er geen significant verschil vastgesteld in finale *Galinsoga* en totale veldbezetting tussen dubbele en enkelvoudige bewerkingen, alsook was er geen significant verschil merkbaar met de controle.

Het feit dat de mechanische bewerkingen op T4 (16/08/2017) en T5 (23/08/2017) niet 100% effectief waren in de bestrijding van *Galinsoga*, in tegenstelling tot bijvoorbeeld op T2 (26/07/2017), houdt mogelijk verband met een hoger gemiddeld volumetrisch bodemvochtgehalte in de 0-5 cm toplaag op T4 (25%) en T5 (21%) t.o.v. T2 (15%). Hierbij wordt wel opgemerkt dat het volumetrisch bodemvochtgehalte geen synoniem betekent voor plantbeschikbaar vocht. Het plantbeschikbaar vocht is immers afhankelijk van de pF-curve van de bodem bij een bepaalde bulkdensiteit (De Neve,

2015). De vaststelling dat er geen significant verband was tussen het volumetrisch bodemvochtgehalte en de *Galinsoga* veldopkomst bij ondiep wieden en branden, in tegenstelling tot bij (on)diep rolschoffelen en diep wieden, is wellicht gerelateerd met de uitputtingsgraad van de zaden in kiempositie. Oppervlakkige of niet bodemverstorende bewerkingen brengen respectievelijk weinig en geen nieuwe zaden in kiempositie, waardoor slechts weinig zaden kunnen reageren op bodemvochtfluctuaties.

Indien een intensieve zaadbankdepletie wordt nagestreefd d.m.v. een vals zaaibed, wordt op basis van bovenstaande best geopteerd voor mechanische bewerkingen i.p.v. eenzijdig branden. Er werd immers een significant grotere zaadbankdepletie van *Galinsoga* vastgesteld na ondiep rolschoffelen t.o.v. branden en de controle. Dit kan bijgevolg op lange termijn, op voorwaarde dat input van verse zaden wordt voorkomen en de vervolgbewerkingen steeds op niet kerende wijze gebeuren, leiden tot een lagere *Galinsoga* velddruk in de volgteelten. Desalniettemin had de uiteindelijke depletie van de 0-5 cm zaadbank geen voorspellende waarde omtrent het aantal *Galinsoga* zaden in kiempositie. Het waren enkel de zaden in de bovenste millimeters die uiteindelijk de veldbezetting na de vals zaaibed periode bepaalden. Indien op korte termijn een lagere *Galinsoga* veldbezetting wordt nagestreefd, is eenzijdig branden een goede optie om de hoeveelheid zaden in kiempositie uit te putten. Branden leidt echter wel tot een floraverschuiving in de richting van *P. annua*, een onkruidsoort die eveneens moeilijk te bestrijden is in de biologische groententeelt.

4.2.3 Experiment 3: invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en veldopkomst

Tijdens de vals zaaibed periode was de veldopkomst van *Galinsoga* en het totaal van zaadonkruiden op geen enkel telmoment significant verschillend tussen de aangehouden schoffeldieptes (1, 2, 3 en 4 cm). Als gevolg van rolschoffelen in het vals zaaibed op 2, 3 en 4 cm werd de oppervlakkige *Galinsoga* zaadbank (0-5 cm) echter wel significant gereduceerd met 42-61%. Bovendien waren deze depleties van *Galinsoga* significant hoger t.o.v. een schoffeldiepte van 1 cm (depletie van $7 \pm 9.4\%$, NS). Vanaf een schoffeldiepte van 3 cm werd daarenboven de totale zaadbank in de 0-5 cm toplaag significant gereduceerd met 30-35%. Uit deze vaststellingen volgt dat diepere bewerkingen wel degelijk meer kieming stimuleerden (Lamour & Lotz, 2007; Riemens *et al.*, 2007) en zo de oppervlakkige zaadbank sterker reduceerden. Experiment 3 bevestigt zo ook de bevinding uit experiment 1 dat rolschoffelen op een diepte van 1 cm nauwelijks de zaadbank in de 0-5 cm toplaag beïnvloedt.

Een week na de laatste bewerking was de *Galinsoga* veldbezetting na 1 cm diep rolschoffelen (15 ± 8.7 pl. m⁻²) significant lager t.o.v. de bezetting na een schoffeldiepte vanaf 2 cm (gemiddeld 32 ± 11.1 pl. m⁻²), terwijl het *Galinsoga* bestrijdingspercentage van de laatste bewerking niet significant verschilde tussen de schoffeldieptes onderling. Oppervlakkige bewerkingen in de 0-1 cm toplaag resulteerden immers in een intensieve uitputting van de zaden in kiempositie, zonder de dieper gelegen zaden te beroeren. De totale veldbezetting was een week na de laatste bewerking echter niet significant verschillend tussen de aangehouden schoffeldieptes.

Een maand na de laatste bewerking bleek de *Galinsoga* veldbezetting onderling niet significant verschillend tussen de aangehouden schoffeldieptes. Toch was de (niet significante) trend van een systematisch hogere veldbezetting met toenemende bewerkingsdiepte zichtbaar. Deze vaststelling bevestigt de bevindingen uit experiment 2, nl. dat eenzijdig diep rolschoffelen finaal meer zaden in een ideale kiempositie brengt en zo resulteert in de hoogste *Galinsoga* veldbezetting een maand na de laatste bewerking (verschil NS). Bovendien was de totale veldbezetting een maand na de laatste bewerking significant hoger na 3-4 cm diep rolschoffelen (gemiddeld 409 ± 56.3 pl. m⁻²) dan na 1 cm diep rolschoffelen (215 ± 44.7 pl. m⁻²).

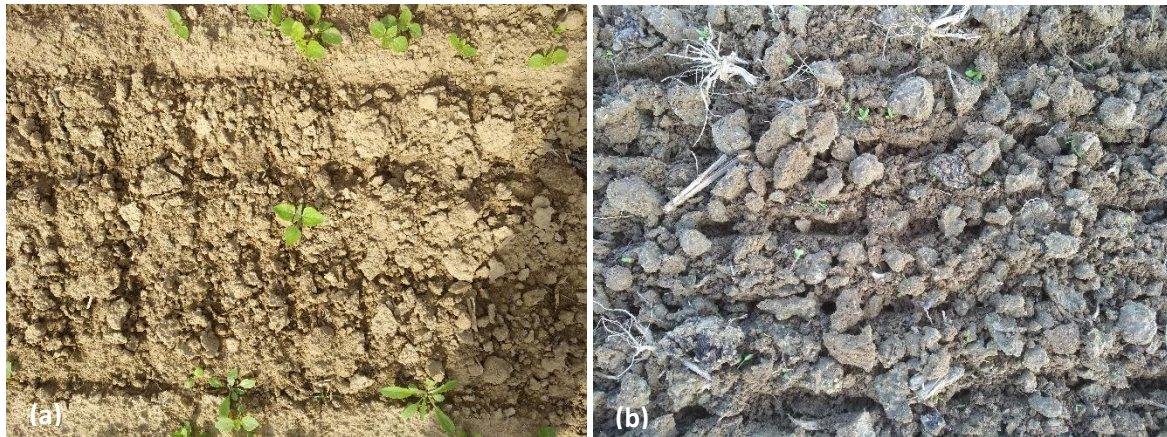
Oppervlakkige bewerkingen, welke enkel de oppervlakkig (1 cm) gelegen zaadbank uitputten, waren bijgevolg het meest doeltreffend in het reduceren van de onkruiddruk na afloop van het vals zaaibed. Dieper bewerken (3-4 cm) resulteerde weliswaar in een significant hogere reductie van *Galinsoga* zaden in de toplaag (0-5 cm), maar dit vertaalde zich uiteindelijk niet in een geringere veldbezetting na afloop van het vals zaaibed. De zaadbankdepletie in de 0-5 cm laag had bijgevolg ook in dit experiment geen voorspellende waarde m.b.t. de veldopkomst na het vals zaaibed. Dieper bewerken zorgt op lange termijn mogelijk wel voor een lagere onkruiddruk in volgteelten, op voorwaarde dat nieuwe uitzaaiing steeds wordt voorkomen. Algemeen rendeert diep rolschoffelen waarschijnlijk op lange termijn, ondiep rolschoffelen op korte termijn (cfr. experiment 2).

Additioneel oppervlakkig wiedegeen (1-1.5 cm) na rolschoffelen had gedurende de vals zaaibed periode op geen enkele schoffeldiepte een significant effect op de *Galinsoga* veldbezetting. De totale veldbezetting bij additioneel wiedegeen na 2, 3 en 4 cm diep rolschoffelen was daarentegen, net voor de laatste bewerking, significant lager t.o.v. eenzijdig rolschoffelen. Dit wordt mogelijk verklaard door een hoger bestrijdingspercentage door additioneel wiedegeen tijdens de vierde bewerking (enkel voor *Galinsoga* gekwantificeerd). De te verwachten trend dat additioneel wiedegeen resulteert in een extra verkrumeling en bijgevolg extra kieming en opkomst (zoals gepostuleerd door Merfield, 2002), was bijgevolg niet zichtbaar. Bovendien had additioneel wiedegeen op geen enkele schoffeldiepte een significant effect op de reductie van de oppervlakkige *Galinsoga* en totale zaadbank na het vals zaaibed.

Een week na de laatste bewerking was de *Galinsoga* veldbezetting significant lager na de combinatie met wiedegeen, uitgezonderd op een schoffeldiepte van 1 cm. Additioneel wiedegeen had immers een significant positief effect op de *Galinsoga* bestrijding, onafgezien van de schoffeldiepte (met uitzondering van 3 cm). Analoge vaststelling is geldig m.b.t. de totale onkruidbezetting, waarbij het effect van additioneel wiedegeen op alle schoffeldieptes leidde tot een significante densiteitsreductie een week na de laatste bewerking.

Een maand na de laatste bewerking was de *Galinsoga* veldbezetting daarentegen algemeen hoger na de combinatie met wiedegeen tijdens het vals zaaibed (uitgezonderd op een schoffeldiepte van 3 cm), variërend van 8% op een schoffeldiepte van 4 cm tot 137% op een schoffeldiepte van 1 cm (relatief uitgedrukt t.o.v. eenzijdig rolschoffelen; verschillen NS). Analoge vaststelling is geldig m.b.t. de totale veldbezetting, die 17-36% hoger was een maand na de laatste bewerking (uitgezonderd op een schoffeldiepte van 3 cm) (relatief uitgedrukt t.o.v. eenzijdig rolschoffelen; verschillen NS).

Additioneel wiedegeen resulteerde bijgevolg kort na de laatste bewerking in de laagste *Galinsoga* en totale veldbezetting, te wijten aan een significant betere bestrijding tijdens de laatste bewerking. Echter, finaal leidde de combinatie met wiedegeen algemeen tot een (niet significant) hogere *Galinsoga* en totale veldbezetting t.o.v. eenzijdig rolschoffelen (uitgezonderd op een schoffeldiepte van 3 cm). De combinatie met wiedegeen zorgde dus voor extra kieming na afloop van de laatste bewerking. Dit opkomstverloop wordt mogelijk verklaard door de sorterende werking van de wiedege (Figuur 44), waarbij de grotere kluiten (die inwendig tal van onkruidzaden bevatten) aan het oppervlak bovengewerkt werden bij de combinatie van rolschoffelen en oppervlakkig wiedegeen. De zaden aanwezig in deze kluiten kwamen echter pas tot kieming na de hevige regenval op 30/08/2017 (± 28 mm, zie Figuur 21). De verkrumelende impact van de neerslag bracht vermoedelijk de fotosensitieve *Galinsoga* zaden in een ideale kiempositie met voldoende lichtblootstelling.



Figuur 44: Sorterend effect van de wiedeeg (22/08/2017). (a) Rolschoffelen op een bewerkingsdiepte van 1 cm. (b) Rolschoffelen op een bewerkingsdiepte van 1 cm, onmiddellijk gevolgd door oppervlakkig wiedeeggen op 1-1.5 cm.

4.2.4 Experiment 4: diepte-opkomst proef

De optimale opkomst bij zowel *G. quadriradiata* (73-97%) als *G. parviflora* (16-60%) werd vastgesteld bij niet bedekte zaden (0 mm), onafgezien van de populatie en het bodemtype. Vanaf een begraafdiepte van 2 mm nam de opkomst exponentieel af. Deze vaststellingen worden bevestigd door de resultaten van De Cauwer *et al.* (2013). Ivany (1971) vond eveneens een daling in opkomst van 98% bij niet begraven zaden naar 56% bij 2.5 mm diep begraven zaden (Warwick & Sweet, 1983). Kieming van *Galinsoga* is immers zeer sterk lichtafhankelijk (Warwick & Sweet, 1983; Riemens & van der Weide, 2008; De Cauwer *et al.*, 2013).

Galinsoga quadriradiata vertoonde op een begraafdiepte van 0, 2, 4 en 8 mm telkens een significant hogere opkomst dan *G. parviflora* (resp. 2.6x, 5.7x, 4.4x en 3.9x hoger). Bij *G. quadriradiata* was de opkomst op 4 mm bovendien nog significant hoger dan de opkomst op 8 en 16 mm, in tegenstelling tot bij *G. parviflora*. Wellicht vertoont *G. quadriradiata* een geringere licht- en/of temperatuurbehoefte voor kiemingsinitiatie. Ook Ivany & Sweet (1973) vermoedden reeds een kleinere lichtafhankelijkheid voor kieming van *G. quadriradiata* t.o.v. *G. parviflora*. Anderzijds was eveneens de opkomst bij niet bedekte zaden significant hoger bij *G. quadriradiata* t.o.v. *G. parviflora*. Hierdoor lijken ook andere factoren, zoals interspecifieke verschillen in optimale kiemingstemperatuur of primaire dormantie, de diepte-opkomst relaties te beïnvloeden. Uit de literatuur blijkt het optimaal dag/nacht temperatuurregime resp. 24-25/18-20°C voor kieming van *G. quadriradiata* (Shontz & Shontz, 1972; De Cauwer *et al.*, 2013) en 30/20°C voor kieming van *G. parviflora* (Ivany & Sweet, 1973). Het gemiddeld alternerend temperatuurregime in de plastic serre tijdens de eerste 40 dagen na installatie van de proef bedroeg 25.2/14.1°C, wat de optimale kiemingstemperatuur, althans voor *G. quadriradiata*, benaderde. Onderzoek van De Cauwer *et al.* (2013) wees bovendien uit dat verse *G. quadriradiata* zaden een kleinere primaire dormantie kennen t.o.v. verse *G. parviflora* zaden, wat eveneens de hogere opkomst van *G. quadriradiata* kan verklaren. In dit experiment werden voor beide soorten immers verse zaden ingezet. Andere studies (Espinosa-García *et al.*, 2003; Jursík *et al.*, 2003) spreken deze bevinding echter tegen, waardoor er nog heel wat onduidelijkheid heerst omtrent het al dan niet voorkomen van (primaire) dormantie bij *Galinsoga* spp. [zie 2.1.5.2 Dormantie].

Voor *G. quadriradiata* situeerde de maximale opkomstdiepte zich algemeen tussen 4-16 mm (populatie-afhankelijk), terwijl de opkomst van *G. parviflora* werd vastgesteld tot op een maximale diepte tussen 2-8 mm (populatie-afhankelijk). De opkomst van *G. quadriradiata* op 16 mm was echter nooit hoger dan 1.5%, waaruit in principe volgt dat het dieper dan 16 mm onderwerken of bedekken (vb. dode mulch laag) van verse *Galinsoga* zaden een succesvolle preventieve bestrijdingsstrategie

betekent. Voorts waren er duidelijke inter-populatie verschillen in diepte-opkomst relaties en maximale opkomstdiepte. Dit wordt wellicht verklaard door inter-populatie verschillen in de lichtbehoefte voor kieming. Zo hadden *G. quadriradiata* populaties 32a (Herentals), 36 (Houthulst), 22 (Herzele), 41 (Moerbeke) en 49 (Sint-Lievens-Esse) allen een maximale opkomstdiepte van 8 mm, terwijl populaties 32a en 36 een opvallend hoge gemiddelde opkomst (> 25%) vertoonden op een diepte van 4 mm vergeleken met populaties 22, 41 en 49 die amper $\pm 5\%$ opkomst vertoonden op 4 mm. Eveneens kenden *G. parviflora* populaties 29 (Puurs) en 51 (Poperinge) een maximale opkomstdiepte van 8 mm, terwijl populatie 51 op 2 mm gemiddeld $18 \pm 7.0\%$ opkomst vertoonde en populatie 29 slechts $9 \pm 4.1\%$.

Uit lineaire regressiemodellen bleek bovendien dat een hoger duizendkorrelgewicht leidt tot een significant hoger opkomstpercentage op een begraafdiepte van 2, 4 en 8 mm. Een hogere energie-inhoud (cfr. meer kiemenergie) van zwaardere zaden biedt hiervoor een mogelijke verklaring.

Naast de afhankelijkheid van de begraafdiepte had ook de bodemtextuur een invloed op de *Galinsoga* opkomst. Bij *G. quadriradiata* werd immers een significant hogere totale gemiddelde opkomst (over de begraafdieptes heen) van ongeveer 30% gerapporteerd (relatief uitgedrukt) in de zandbodem (84% zand) t.o.v. de zandleembodem (38% zand). Bij *G. parviflora* bleek de invloed van de bodemtextuur op de totale opkomst daarentegen niet significant. Bovendien was, op een begraafdiepte van 2 en 4 mm, de *Galinsoga* opkomst (over beide soorten heen) significant (resp. 2.1x en 1.7x) hoger in de zandbodem t.o.v. de zandleembodem. De hogere opkomst bij bodems met een hogere zandfractie werd reeds aangetoond door Rai & Tripathi (1983) en bevestigd door De Cauwer *et al.* (2013). Uit een enquête door het PCBT (2010) werd eveneens geconcludeerd dat de grootste knopkruidproblematiek gesitueerd is op bodems met een hoge zandfractie. Zandige bodems kennen immers een grovere textuur (cfr. grotere korreldiameter), resulterend in een snellere opwarming en een diepere lichtpenetratie. Algemeen wordt gesteld dat licht slechts tot een diepte van 4-5 mm in de bodem penetreert (Tester & Morris, 1987), afhankelijk van de grootte van de bodemdeeltjes (korreldiameter), de kleur, de waterstatus van de toplaag en de hoeveelheid aanwezig organisch materiaal. Naast een betere lichtpenetratie en snellere opwarming kent een zandiger bodemtype ook een gemakkelijkere bodemgasdiffusie en een betere toegankelijkheid voor zuurstof (Benvenuti, 2003), hetgeen de kieming eveneens kan bevorderen (Benvenuti & Macchia, 1995). Verschillen in fysico-chemische eigenschappen tussen de geteste substraattypes, zoals het nitraatgehalte, hadden mogelijk ook een invloed op de opkomst. De Cauwer *et al.* (2013) konden echter geen extra *Galinsoga* opkomst aantonen bij hogere nitraatgehaltes.

Aangezien *Galinsoga* kieming vochtminnend is (Rai & Tripathi, 1983), werd tijdens het verloop van de proef ervoor geopteerd om de dagelijkse watergift af te stemmen op een continue benadering van de veldcapaciteit. Het valt echter niet uit te sluiten dat de continu vochtige bodem eventueel de kieming en opkomst, en zo eveneens de maximale opkomstdiepte, negatief beïnvloedde door verslepen van het oppervlak. In het kader van deze vaststelling wordt opgemerkt dat de maximale opkomstdiepte van 16 mm, bekomen in deze pottenproef, in natuurlijke omstandigheden een onderschatting kan zijn. De maximale opkomstdiepte in buitenomstandigheden is immers steeds gerelateerd met de diepte van lichtpenetratie.

4.2.5 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Hieronder worden enkele suggesties geformuleerd om de nieuwe bevindingen uit de resultaten van deze scriptie verder te onderbouwen en de preventieve bestrijdingsstrategieën m.b.t. *Galinsoga* verder te optimaliseren.

In deze scriptie werden de zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* en het totaal van zaadonkruiden onderzocht op verschillende bewerkingsdieptes aangehouden tijdens het vals zaaibed, doch werd een degressieve bewerkingsstrategie, waarbij de bewerkingen oppervlakkiger worden uitgevoerd naarmate de vals zaaibed periode vordert, zoals voorgesteld door Lamour & Lotz (2007), niet onderzocht. Bij deze alternatieve strategie worden zowel een intensieve zaadbankdepletie in het begin van de vals zaaibed periode, als de focus op het reduceren van zaden in kiempositie op het einde van de vals zaaibed periode, beredeneerd gecombineerd. Onderzoek naar de impact van een variërende bewerkingsdiepte zou dan ook een interessante aanvulling zijn.

Ook zou het uitvoeren van de veldtellingen (tijdens en na het vals zaaibed) op soortniveau voor alle belangrijke onkruidsoorten interessante info kunnen bieden omtrent het vergelijken van de impact van verschillende vals zaaibed strategieën op de veldopkomst van verschillende soorten. Wat een ideale strategie lijkt voor de ene soort kan immers suboptimaal zijn m.b.t. een andere soort (cfr. floraverschuiving naar grassen als gevolg van eenzijdig branden).

Eveneens zouden meerjarige proeven (3-4 jaar), waarbij telkens dezelfde vals zaaibed systemen op dezelfde experimentele locaties geëvalueerd worden (zonder extra zaadbankaanrijking), een meerwaarde zijn met het oog op gefundeerde uitspraken over de zaadbankdepletie en eventuele floraverschuiving op langere termijn als gevolg van verschillende bewerkingsstrategieën.

Na het vals zaaibed is het primordiaal om de oppervlakkige bodemlaag tijdens het zaaien of planten slechts minimaal te verstoren om geen dieper liggende zaden in kiempositie te brengen tijdens de teelt. Verder onderzoek naar technieken (vb. aangepaste zaai- of plantmachines) zoals *punch planting* (Rasmussen, 2003) dringt zich op.

Tot slot wordt opgemerkt dat in experimenten 2 en 3 de controle strikt genomen beschouwd wordt als een vals zaaibed zonder bewerkingen. De al gauw weelderige onkruidpopulatie in de controleplots bemoeilijkt de veldtellingen en hield uiteindelijk een risico in m.b.t. uitzaaiing. Ingrijpen, weliswaar zonder bodemverstoring (vb. branden of wegnippen), bleek dan ook noodzakelijk. Het is echter niet onmogelijk dat deze handelingen de kieming in de controleplots stimuleerden en bijgevolg geleid hebben tot een lichte overschatting van de zaadbankdepletie in dit object. Bij verder onderzoek kan geopteerd worden voor een extra object waarvan het vals zaaibed onder lichtafscherming (fotocontrole) wordt aangelegd om kiemingsinitiatie te verhinderen (van der Weide *et al.*, 2002; Riemens *et al.*, 2007) en vervolgens wordt afgedekt met een dode mulch (vb. zwarte plastic). Het verwijderen van de plastic na de laatste bewerking zou immers een goede vergelijking bieden tussen de veldopkomst in een object zonder voorafgaand vals zaaibed en de objecten met voorafgaand vals zaaibed.

Naast het vals zaaibed zijn er echter nog tal van overige maatregelen omtrent preventieve *Galinsoga* bestrijding die aandacht verdienen in verder onderzoek. Voorbeelden zijn: het opstellen van een optimale onkruidwerende gewasrotatie met een hoge selectiedruk op *Galinsoga*, de installatie van levende en dode mulches in braakperiodes, impact van een aangepaste zaai- of plantdichtheid op de concurrentie met *Galinsoga*, effect van intercropping, etc.

5 Besluit

5.1 Experiment 1: vals zaaibed proef in wortelruggen

Verschillen bodemverstorende (mechanische) en niet bodemverstorende (thermische) vals zaaibed operaties in hun effect op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas? [OV 1.1]

Zowel de bodemverstorende als niet bodemverstorende vals zaaibed operaties resulteerden niet in een significante zaadbankdepletie in de 0-5 cm toplaag en dit voor zowel *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden. Twee mechanische of thermische bewerkingen reduceerden wel, vijf weken na installatie van het gewas, significant de veldbezetting van zowel *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden t.o.v. een controle zonder voorafgaand vals zaaibed met gemiddeld resp. 59% en 50% (mechanisch) en met gemiddeld resp. 59% en 56% (thermisch). De verschillen in densiteitsreductie waren onderling echter nergens significant. Zowel branden als oppervlakkig (1 cm) uitgevoerde mechanische bewerkingen brachten na elke bewerking immers geen (of nauwelijks) nieuwe zaden in kiempositie waardoor hun impact op de zaadbank in de 0-5 cm toplaag gering was en de veldbezetting na het vals zaaibed onderling nauwelijks verschilde.

Wat is het effect van de bewerkingsfrequentie gedurende de vals zaaibed periode op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas? [OV 1.2]

De bewerkingsfrequentie had geen significante impact op de oppervlakkige zaadbankdepletie (0-5 cm) en veldopkomst van *Galinsoga* en het totaal van zaadonkruiden in de wortelteelt en dit zowel voor de bodemverstorende (mechanische) als voor de niet bodemverstorende (thermische) technieken. De suboptimale weerscondities voor onkruidkieming gedurende de vals zaaibed periode verklaren wellicht dat frequenter (mechanisch) bewerken op een diepte van 1 cm geen extra kiemingsgolven induceerde en bijgevolg niet leidde tot een extra uitputting van de zaden in kiempositie en de hiermee gerelateerde densiteitsreductie van onkruiden in het gewas.

Wat is het effect van het alternerend inzetten van verschillende vals zaaibed technieken (mechanisch en thermisch) op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas, t.o.v. het repetitief inzetten van eenzelfde techniek (eenzijdige bewerkingen)? [OV 1.3]

Het alternerend inzetten van verschillende vals zaaibed technieken had geen significante impact op de oppervlakkige zaadbankdepletie (0-5 cm) en veldopkomst van *Galinsoga* en het totaal van zaadonkruiden in de wortelteelt, t.o.v. eenzijdig rolschoffelen of branden. Wel was volgende, niet significante, trend zichtbaar: de combinatie van rolschoffelen en branden in het vals zaaibed reduceerde, vijf weken na installatie van het gewas, de *Galinsoga* en totale veldbezetting met gemiddeld resp. 17% en 16% t.o.v. eenzijdig branden en met gemiddeld resp. 17% en 26% t.o.v. eenzijdig rolschoffelen. Deze trend wordt wellicht verklaard door een extra uitputting van de zaden in de 0-1 cm laag door het mechanisch bewerken in het begin van de vals zaaibed periode (t.o.v. eenzijdig branden), gecombineerd met branden op het einde van het vals zaaibed dat geen nieuwe zaden in kiempositie bracht (in tegenstelling tot rolschoffelen).

Wat is het effect van de bewerkingsintensiteit van mechanische vals zaaibed bewerkingen (cfr. mate van bodemberoering op eenzelfde bewerkingsdiepte) op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas? [OV 1.4]

Tweemaal dubbel mechanisch bewerken had geen significante impact op de oppervlakkige zaadbankdepletie (0-5 cm) en veldopkomst van *Galinsoga* en het totaal van zaadonkruiden in de wortelteelt, t.o.v. twee enkelvoudige mechanische bewerkingen op eenzelfde diepte (1 cm). Beide strategieën reduceerden wel, vijf weken na installatie van het gewas, significant de veldopkomst van zowel *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden t.o.v. een controle zonder voorafgaand vals zaaibed met gemiddeld resp. 61% en 54% (dubbel) en met gemiddeld resp. 59% en 50% (enkelvoudig). De verschillen in dichtheidsreductie waren onderling echter nergens significant. Het intensiever beroeren van de bodem tijdens de laatste bewerking leidde bijgevolg niet tot een extra kiemingsstimulus van onkruiden in het gewas.

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt hypothese H.1 slechts partieel ondersteund:

“Een voorafgaand vals zaaibed leidt tot een oppervlakkige zaadbankdepletie en reduceert de veldbezetting van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden in het daaropvolgend geïnstalleerde gewas.”

De veldbezetting (vijf weken na installatie van het gewas) van zowel *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden werd wel degelijk significant gereduceerd door iedere vals zaaibed strategie (t.o.v. de controle), hoewel de verschillen tussen de systemen onderling niet significant waren. Daarentegen werd, zowel voor *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden, geen oppervlakkige zaadbankdepletie (0-5 cm) aangetoond na de verschillende vals zaaibed systemen.

5.2 Experiment 2: invloed van techniek en diepte-instelling op zaadbankdepletie en veldopkomst

Verschillen bodemverstorende (mechanische) en niet bodemverstorende (thermische) vals zaaibed operaties in hun effect op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed? [OV 2.1]

Ondiep rolschoffelen (2 cm) als bodemverstorende bewerking reduceerde de oppervlakkige *Galinsoga* zaadbank (0-5 cm) significant sterker (significante depletie van $54 \pm 3.9\%$) dan branden (depletie van $9 \pm 10.2\%$, NS) en de controle (depletie van $11 \pm 4.9\%$, NS). Alle rolschoffelbewerkingen resulteerden bovendien in significante depleties van de totale oppervlakkige zaadbank, variërend van 29-42%, terwijl de totale depleties na branden ($11 \pm 15.0\%$) en de controle ($18 \pm 14.0\%$) niet significant bleken. De *Galinsoga* veldopkomst tijdens het vals zaaibed was na drie eenzijdige thermische bewerkingen significant (gemiddeld ruim 25x) lager t.o.v. objecten met mechanische bewerkingen. Een maand na de laatste bewerking waren de *Galinsoga* en totale veldbezetting eveneens significant (gemiddeld resp. 18x en 2.8x) lager na eenzijdig branden t.o.v. mechanisch bewerken tijdens het vals zaaibed, exclusief de totale veldbezetting na ondiep (1-1.5 cm) wieden. In tegenstelling tot mechanisch bewerken bracht eenzijdig branden na iedere behandeling immers geen nieuwe zaden in kiempositie, waardoor de veldopkomst gestaag verminderde in de tijd. Een aandachtspunt is wel dat eenzijdig branden, in tegenstelling tot mechanisch bewerken, leidde tot een floraverschuiving ten voordele van *P. annua*. Thermische technieken kennen immers een beperkte werking t.a.v. grassen.

Beïnvloedt de bewerkingsdiepte, aangehouden tijdens de mechanische vals zaaibed bewerkingen, de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed? [OV 2.2]

Ondiep rolschoffelen (2 cm) reduceerde de oppervlakkige *Galinsoga* zaadbank (0-5 cm) significant sterker (significante depletie van $54 \pm 3.9\%$) dan diep rolschoffelen (4 cm) (depletie van $11 \pm 11.1\%$, NS) en de controle (depletie van $11 \pm 4.9\%$, NS). De significante depleties van de totale oppervlakkige zaadbank na diep en ondiep rolschoffelen (29-32%) vertoonden onderling, alsook met de depletie in controle ($18 \pm 14.0\%$, NS), geen significante verschillen. Bij diep (3-3.5 cm) en ondiep (1-1.5 cm) wiedeggen waren de depleties bij zowel de oppervlakkige *Galinsoga* (18-22%, NS) als de totale zaadbank (13-20%, NS) onderling niet significant verschillend, alsook waren er nergens significante verschillen met de depleties in de controle (11-18%, NS).

De *Galinsoga* en totale veldbezetting werden op geen enkel tijdstip, tijdens en na het vals zaaibed, significant beïnvloed door de schoffeldiepte. Een maand na de laatste bewerking was wel de niet significante trend van zo'n 20% hogere *Galinsoga* bezetting na diep rolschoffelen t.o.v. ondiep rolschoffelen zichtbaar. Hieruit wordt rolschoffelen op 2 cm, zowel qua depletie van de oppervlakkige *Galinsoga* zaadbank als qua reductie van de *Galinsoga* veldopkomst na het vals zaaibed, geprefereerd boven rolschoffelen op 4 cm.

Het effect van de diepte van wiedeggen op de gemiddelde *Galinsoga* en totale veldopkomst was, zowel tijdens als na de vals zaaibed periode, afhankelijk van het telmoment. Zo was de totale veldbezetting tijdens de eerste twee weken na de laatste wiedeg-bewerking significant (1.8x tot 2.6x) lager na diep wiedeggen dan na ondiep wiedeggen. Het bestrijdingspercentage van de laatste bewerking nam immers toe met toenemende bewerkingsdiepte. Een maand na de laatste bewerking waren de *Galinsoga* en totale veldbezetting evenwel resp. 1.6x en 1.4x hoger na diep wiedeggen dan na ondiep wiedeggen (verschil NS). Ondiep wiedeggen reduceerde immers sterker het aantal zaden in kiempositie terwijl diep wiedeggen finaal meer zaden in kiempositie bracht en leidde tot een sterke nakieming.

Beïnvloedt de bewerkingsintensiteit van mechanische vals zaaibed bewerkingen (cfr. mate van bodemberoering op eenzelfde bewerkingsdiepte) de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed? [OV 2.3]

De impact van de bewerkingsintensiteit op de depletie van de oppervlakkige *Galinsoga* zaadbank (0-5 cm) was niet eenduidig en afhankelijk van de schoffeldiepte. Bij rolschoffelen op 2 cm had dubbel bewerken een significant negatieve impact op de reductie van de oppervlakkige *Galinsoga* zaadbank. De reductie na dubbel bewerken (depletie van $18 \pm 10.5\%$, NS) was immers significant lager dan na enkelvoudig bewerken (significante depletie van $54 \pm 3.9\%$). Daarentegen, bij rolschoffelen op 4 cm resulteerde het intensiever beroeren van de bodem in zo'n 20% hogere *Galinsoga* depletie (effect NS). De uitputting van de totale oppervlakkige zaadbank werd niet significant beïnvloed door de bewerkingsintensiteit.

De *Galinsoga* veldopkomst werd, zowel tijdens als na het vals zaaibed, niet significant beïnvloed door de bewerkingsintensiteit, onafgezien van de schoffeldiepte. Analoge vaststelling is geldig voor de totale veldopkomst.

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt hypothese H.2 slechts partieel ondersteund:

“Bewerkingstype, -diepte en -intensiteit beïnvloeden de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldbezetting van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed.”

Voor wat betreft de effecten van het bewerkingstype wordt deze hypothese ondersteund. De bewerkingsdiepte had echter zowel bij rolschoffelen (2 vs. 4 cm) als wiedeggen (1-1.5 vs. 3-3.5 cm) geen significante impact op de depletie van de totale oppervlakkige zaadbank, alsook niet op de veldbezetting van zowel *Galinsoga* als het totaal van zaadonkruiden. Bovendien had de bewerkingsintensiteit geen significante impact op de veldbezetting van *Galinsoga* en de depletie van de totale oppervlakkige zaadbank.

5.3 Experiment 3: invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en veldopkomst

Wat is het effect van de schoffeldiepte, aangehouden tijdens de vals zaaibed bewerkingen, op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed? [OV 3.1]

Een schoffeldiepte van 1 cm leidde tot een significant lagere reductie van de *Galinsoga* zaadbank in de 0-5 cm toplaag (depletie van $7 \pm 9.4\%$, NS) t.o.v. een schoffeldiepte vanaf 2 cm (significante depleties van 42-61%). Op een schoffeldiepte van 3 cm werd bovendien de oppervlakkige *Galinsoga* zaadbank significant sterker gereduceerd t.o.v. de controle. Rolschoffelen op 3-4 cm reduceerde daarenboven significant de totale oppervlakkige zaadbank met depleties tussen 30-35%, in tegenstelling tot een schoffeldiepte van 1-2 cm (depleties van 17-20%, NS). De verschillen in reductie van de totale oppervlakkige zaadbank tussen de geteste schoffeldieptes waren nergens significant.

De impact van de schoffeldiepte op de *Galinsoga* en totale veldopkomst tijdens het vals zaaibed was evenwel op geen enkel moment significant. Een maand na de laatste bewerking waren er eveneens geen significante verschillen in *Galinsoga* veldbezetting tussen de geteste schoffeldieptes, ondanks de systematisch oplopende bezetting met oplopende schoffeldiepte. De totale veldbezetting was echter wel, na een schoffeldiepte van 3-4 cm in het vals zaaibed, significant (gemiddeld 1.9x) hoger t.o.v. een schoffeldiepte van 1 cm.

Diepere bewerkingen (3-4 cm) resulteerden bijgevolg in een intensievere zaadbankuitputting in de 0-5 cm toplaag, maar leidden een maand na de laatste bewerking eveneens tot een hogere veldbezetting en dit zowel voor *Galinsoga* (NS) als het totaal van zaadonkruiden (significant) t.o.v. ondiep bewerken (1 cm). In tegenstelling tot ondiep bewerken, brengt dieper bewerken telkens nieuwe zaden in kiempositie hetgeen positief is voor de zaadbankdepletie (indien voldoende vervolgbewerkingen volgen), maar negatief voor de uiteindelijke veldbezetting na afloop van het vals zaaibed.

Wat is het effect van additioneel wiedeggen na rolschoffelen op de oppervlakkige zaadbankdepletie en veldopkomst van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed? [OV 3.2]

Additioneel wiedeggen (1-1.5 cm) onmiddellijk na rolschoffelen leidde op geen enkele schoffeldiepte tot een significant grotere uitputting van de oppervlakkige *Galinsoga* of totale zaadbank in de 0-5 cm toplaag. Een week na het vals zaaibed resulteerde additioneel wiedeggen wel in een significant lagere *Galinsoga* (uitgezonderd op een schoffeldiepte van 1 cm) en totale veldbezetting. De combinatie van rolschoffelen en wiedeggen tijdens de laatste bewerking had immers een significant positief bestrijdingseffect (uitgezonderd op een schoffeldiepte van 3 cm). Een maand na de laatste bewerking was echter de niet significante trend zichtbaar van zowel een hogere *Galinsoga* als totale veldbezetting na additioneel wiedeggen in het vals zaaibed (uitgezonderd op een schoffeldiepte van 3 cm). De sorterende werking van de wiedeg leidde vermoedelijk tot het bovenwerken van grovere kluiten, met inwendig tal van onkruidzaden die door de verkrumelende impact van neerslag na het vals zaaibed in een ideale kiempositie werden gebracht.

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt hypothese H.3 slechts partieel ondersteund:

“De schoffeldiepte en bewerkingsintensiteit, aangehouden tijdens de vals zaaibed bewerkingen, beïnvloeden de mate van oppervlakkige zaadbankdepletie en veldbezetting van *Galinsoga* spp. en het totaal van zaadonkruiden tijdens en na het vals zaaibed.”

Hoewel de schoffeldiepte een significante impact had op de oppervlakkige zaadbankdepletie van *Galinsoga*, was de impact op de *Galinsoga* veldbezetting tijdens en na het vals zaaibed niet significant. Bovendien was de impact van de bewerkingsintensiteit (cfr. additioneel wieden op 1-1.5 cm) op de depletie van de *Galinsoga* en totale oppervlakkige zaadbank niet significant.

5.4 Experiment 4: diepte-opkomst proef

Vertonen *Galinsoga* spp. inter-soort en -populatie verschillen in hun diepte-opkomst relaties? [OV 4.1]

Hoewel beide *Galinsoga* spp. bij een toenemende begraafdiepte algemeen een exponentiële afname in opkomst vertoonden, vertoonden hun diepte-opkomst relaties toch duidelijke verschillen. Zo was de opkomst van *G. quadriradiata* op een begraafdiepte van 0, 2, 4 en 8 mm (over beide bodemtexturen heen) telkens significant (resp. 2.6x, 5.7x, 4.4x en 3.9x) hoger dan van *G. parviflora*. Een lagere optimale temperatuurbehoefte om tot kieming over te gaan, alsook de afwezigheid van primaire dormantie bij verse *G. quadriradiata* zaden, bieden hiervoor een verklaring. Ook vertoonde *G. quadriradiata* een tragere afname van de opkomst met oplopende begraafdiepte dan *G. parviflora*, wat mogelijk wijst op een geringere lichtbehoefte van *G. quadriradiata* voor kieming.

Evenwel waren de diepte-opkomst relaties bij beide *Galinsoga* spp. sterk populatie-afhankelijk. Inter-populatie verschillen in de nodige lichtbehoefte om tot kieming over te gaan bieden hiervoor een verklaring. Ook werd een positief significant verband gevonden tussen de opkomst op een begraafdiepte van 2, 4 en 8 mm en het duizendkorrelgewicht, wat mogelijk te wijten is aan een hogere kiemingsenergie van zwaardere zaden. De optimale opkomst werd echter steeds vastgesteld bij onbedekte zaden, onafgezien van de soort of populatie. Slechts bij drie van de 40 beschouwde populaties (allen *G. quadriradiata*) was de opkomst op 2 mm niet significant lager vergeleken met de opkomst aan het bodemoppervlak.

Hoe groot is de variatie in maximale opkomstdiepte binnen en tussen *Galinsoga* spp.? [OV 4.2]

Binnen *G. parviflora* en *G. quadriradiata* varieerde de maximale opkomstdiepte resp. tussen 2-8 mm en 4-16 mm. De maximale opkomstdiepte binnen en tussen *Galinsoga* spp. was echter sterk populatie-afhankelijk. Bij 40% van de geteste *G. parviflora* populaties werd de maximale opkomstdiepte reeds vastgesteld op 2 mm. De laagste maximale opkomstdiepte bij *G. quadriradiata* was echter 4 mm (30% van de populaties). Bij vier *G. quadriradiata* populaties lag de maximale opkomstdiepte evenwel op 16 mm, terwijl er op deze begraafdiepte bij geen enkele *G. parviflora* populatie nog opkomst werd vastgesteld.

Beïnvloedt de bodemtextuur (zand %) de opkomst van *Galinsoga* spp.? [OV 4.3]

De gemiddelde totale opkomst van *G. quadriradiata* (over de vijf begraafdieptes heen) was met $31 \pm 1.5\%$ in de zandbodem (84% zand) significant hoger dan in de zandleembodem (38% zand) (opkomst van $24 \pm 1.4\%$). De textuur van het kiemsubstraat had evenwel geen significante impact op de gemiddelde totale opkomst van *G. parviflora* (resp. $9 \pm 1.1\%$ in zand en $8 \pm 1.0\%$ in zandleem).

Op een begraafdiepte van 2 en 4 mm was de gemiddelde *Galinsoga* opkomst (over beide soorten heen) bovendien significant (resp. 2.1x en 1.7x) hoger in de zandbodem dan in de zandleembodem. De korrelgrootteverdeling van het substraat is immers een cruciale factor die de lichtpenetratie en zo ook

de kieming (en opkomst) van de fotosensitieve *Galinsoga* zaden beïnvloedt. De snellere opwarming en betere bodemgasdiffusie in een zandiger bodemsubstraat zijn eveneens kiemingsbevorderend. De bodemtextuur had daarentegen geen significante impact op de gemiddelde *Galinsoga* opkomst aan het bodemoppervlak (0 mm) en op een diepte van 8 en 16 mm.

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt hypothese H.4 ondersteund:

“De diepte-opkomst relatie van *Galinsoga* is populatie- en bodemtextuur-afhankelijk.”

5.5 Aanbevelingen voor optimalisatie van vals zaaibed systemen m.b.t. preventieve *Galinsoga* bestrijding

- Niet bodemversturende of minimaal bodemversturende bewerkingen kunnen de *Galinsoga* veldbezetting na het vals zaaibed drastisch reduceren (> 50%), ondanks de soms geringe zaadbankdepletie in de 0-5 cm toplaag bij dergelijke systemen. Een strategie waarbij de bewerkingsdiepte beperkt wordt tot 1 cm wordt dan ook aangeraden bij een vals zaaibed in het voorjaar, voorafgaand aan de installatie van een weinig competitief groentengewas. In deze situatie is het immers primordiaal om de hoeveelheid zaden in kiempositie en bijgevolg de nakieming te reduceren.
- Afgaande op de maximale kiemingsdiepte van 2-16 mm wordt de laatste vals zaaibed bewerking preferentieel zeer oppervlakkig (0-1 cm) uitgevoerd om input van nieuwe knopkruidzaden in de kiemzone te verhinderen en zo de veldbezetting na het vals zaaibed te minimaliseren. Eventueel kan de vals zaaibed periode afgesloten worden met een niet bodemversturende brandbeurt.
- Tijdens het vals zaaibed wordt een wekelijkse bewerking aangeraden om de overleving van *Galinsoga* zaailingen te minimaliseren. Zaailingen vanaf het 4-bladstadium zijn nog moeilijk te bestrijden door oppervlakkige mechanische bewerkingen. Binnen de oppervlakkige mechanische bewerkingen (0-2 cm) verdient rolschoffelen de voorkeur boven wiedeppen wegens een significant hoger bestrijdingspercentage. Dieper rolschoffelen (3-4 cm) resulteert daarenboven in een significant betere bestrijding t.o.v. een schoffeldiepte van 1 cm.
- Mechanische vals zaaibed bewerkingen onder natte bodemcondities (vb. na hevige regenval) worden afgeraden wegens een lagere effectiviteit m.b.t. het afdoden van zaailingen. Bovendien verhogen bewerkingen onder natte omstandigheden het risico op structuurschade en bodemcompactie. Het strikt aanhouden van vaste rijpaden, alsook het verlagen van de bandenspanning, kunnen problemen met bodemcompactie beperken (Merfield, 2002; Lamour & Lotz, 2007).
- Eenzijdige thermische vals zaaibed bewerkingen reduceren significant de *Galinsoga* veldopkomst na 3-4 brandbeurten, alsook blijft de nakieming in de periode na het vals zaaibed beperkt en significant lager dan na mechanische bewerkingen. Eenzijdig branden kent echter enkele aandachtspunten, zoals de negatieve impact van verslemping gevolgd door korstvorming op de gewasopkomst en de beperkte werking t.a.v. grassen met daarenboven een floraverschuiving ten voordele van *P. annua*.
- Felle bodemverstoringen na afloop van het vals zaaibed moeten steevast vermeden worden. Het zaaien of planten dient met zorg en minimale bodemverstoring te gebeuren. Zo niet worden alle voordelen van het vals zaaibed ondermijnd. *Punch planting*, zoals beschreven door Rasmussen (2003), kan hierbij een interessante optie zijn.
- De bekomen reducties van de oppervlakkige zaadbank in experimenten 2 en 3 (> 50% in de 0-5 cm toplaag) zijn wellicht niet realistisch voor een vals zaaibed in het vroege voorjaar wegens suboptimale kiemingsomstandigheden (cfr. experiment 1). Dergelijke reducties zijn wel haalbaar indien geopteerd wordt voor een vals zaaibed voorafgaand aan een late teelt of als stoppelbehandeling na de oogst van zomergewassen. Kieming van *Galinsoga* gebeurt immers optimaal onder warme omstandigheden (> 20°C). De zomermaanden zijn dan ook het meest geschikt voor een vals zaaibed specifiek gericht op de uitputting van *Galinsoga* (op voorwaarde dat de vochttoestand van de bodem voldoende hoog is om kieming te initiëren).

- Bij een vals zaaibed als stoppelbehandeling kan, met het oog op lange termijn, geopteerd worden voor diepere bewerkingen (vb. rolschoffelen op 3-4 cm). Dergelijke systemen gaan immers vaak gepaard met aanzienlijke zaadbankdepleties in de 0-5 cm toplaag door hun sterk kiemingsstimulerend effect, maar kampen desondanks nog steeds met hogere veldopkomsten na afloop van de vals zaaibed periode. Aangezien er na elke bewerking stevast nieuwe zaden in kiempositie gebracht worden, slagen deze systemen er doorgaans niet in om de 0-16 mm toplaag dermate uit te putten dat de *Galinsoga* opkomst fors wordt verlaagd. Mits de zaadbank niet verrijkt wordt en de bodem niet kerend wordt bewerkt, zijn de voordelen van dieper bewerken in het vals zaaibed wel benutbaar op lange termijn.
- De bewerkingsdiepte gedurende de vals zaaibed periode degressief laten afnemen werd niet onderzocht, maar kan een alternatieve strategie betekenen. Met deze aanpak wordt de eerste bewerking dieper uitgevoerd t.o.v. de vervolgbewerkingen (Lamour & Lotz, 2007). Hierbij worden zowel een intensieve zaadbankdepletie in het begin van het vals zaaibed, als de focus op het reduceren van de zaden in kiempositie op het einde van het vals zaaibed, beredeneerd gecombineerd.
- Om de competitie met *Galinsoga* en andere zaadonkruiden na een vals zaaibed als stoppelbehandeling te maximaliseren, wordt de installatie van een snel groeiende en competitieve groenbedekker [vb. Japanse haver (*Avena strigosa* L.) of winterrogge (*Secale cereale* L.)] sterk aangeraden. Slecht dekkende of slecht geïnstalleerde groenbedekkers kunnen daarentegen alle eerdere inspanningen ter depletie van de oppervlakkige zaadbank teniet doen.
- Aangezien de bodem N-mineralisatie gunstig beïnvloed wordt door mechanische vals zaaibed bewerkingen (Becker & Böhrnsen, 1994; Bàrberi, 2002) is, na een vals zaaibed als stoppelbehandeling, de tijdige installatie (ten laatste begin september) van het vanggewas cruciaal om de extra vrijgekomen en beschikbare N te benutten. De capaciteit van potentiële N-opname vermindert immers naarmate het zaaitijdstip verlaat. Zo stelden Vos & van der Putten (1997) vast dat een dag later zaaien van winterrogge (geldig vanaf de tweede helft van augustus tot eind september) gemiddeld overeenstemt met een verminderde potentiële N-opname van 3.4 kg ha⁻¹.

6 Referenties

- Adams, P. B., Lumsden, R. D., & Tate, C. J.** (1974). *Galinsoga parviflora*: a new host for *Whetzelinia sclerotiorum*. *Plant Disease Reporter*, 58(1), 700-701.
- Ascard, J.** (1993). Soil cultivation in darkness reduced weed emergence. In *Symposium on Engineering as a Tool to reduce Pesticide Consumption and Operator Hazards in Horticulture*, 167-178.
- Ascard, J.** (1994). Dose-response models for flame weeding in relation to plant size and density. *Weed Research*, 34(5), 377-385.
- Ascard, J.** (1995). Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. *Weed Research*, 35(5), 397-411.
- Ashley, R. A.** (1971). Effect of competition and control of *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake in snap beans. In *Proc. Northeast Weed Contr. Conf.*, 338-341.
- Ball, D. A.** (1992). Weed seedbank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. *Weed Science*, 40(4), 654-659.
- Balsari, P., Airoidi, G., & Ferrero, A.** (2002). Mechanical and physical weed control in maize. In *5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, 18-31.
- Bàrberi, P.** (2002). Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed research*, 42(3), 177-193.
- Barzman, M., Bàrberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., ... & Lamichhane, J. R.** (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for sustainable development*, 35(4), 1199-1215.
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C.** (1981). Temperature relations of seed germination and ecological implications in *Galinsoga parviflora* and *G. quadriradiata*. *Bartonia*, 48(1), 12-18.
- Batra, S. W. T.** (1979). Insects associated with weeds of the northeastern United States: quickweeds, *Galinsoga ciliata* and *G. parviflora* (Compositae). *Environmental Entomology*, 8(6), 1078-1082.
- Baumann, D. T., Kropff, M. J., & Bastiaans, L.** (2000). Intercropping leeks to suppress weeds. *Weed Research*, 40(4), 359-374.
- Becker, K., & Böhrnsen, A.** (1994). Wirkungen mechanischer Pflegemaßnahmen auf die Unkrautabundanz und die N-mineralisation im Boden. *Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz*, 14(1), 315-324.
- Benvenuti, S.** (2003). Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. *Agronomy Journal*, 95(1), 191-198.
- Benvenuti, S., & Macchia, M.** (1995). Effect of hypoxia on buried weed seed germination. *Weed Research*, 35(5), 343-351.
- Benvenuti, S., & Macchia, M.** (1998). Phytochrome-mediated germination control of *Datura stramonium* L. seeds after seed burial. *Weed Research*, 38(3), 199-206.
- Benvenuti, S., & Macchia, M.** (2006). Seedbank reduction after different stale seedbed techniques in organic agricultural systems. *Italian Journal of Agronomy*, 1(1), 11-22.
- Blackshaw, R. E., Brandt, R. N., Janzen, H. H., Entz, T., Grant, C. A., & Derksen, D. A.** (2003). Differential response of weed species to added nitrogen. *Weed Science*, 51(4), 532-539.
- Bleeker, P., van der Weide, R., & Kurstjens, D.** (2002). Experiences and experiments with new intra-row weeders. In *Proceedings of the 5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, 97-100.

- Bond, W., & Grundy, A. C.** (2001). Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed research*, 41(5), 383-405.
- Boonen, E., De Cauwer, B., Fagot, M., Beeldens, A. & Reheul, D.** (2013). Handleiding voor niet-chemische onkruidbeheersing op verhardingen met kleinschalige elementen. OCW Aanbevelingen A84/12. Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW), Brussel, België.
- Boyd, N. S., Brennan, E. B., & Fennimore, S. A.** (2006). Stale Seedbed Techniques for Organic Vegetable Production. *Weed Technology*, 20(4), 1052-1057.
- Buhler, D. D.** (1995). Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybean in the central USA. *Crop Science*, 35(5), 1247-1258.
- Caldwell, B., & Mohler, C. L.** (2001). Stale seedbed practices for vegetable production. *HortScience*, 36(4), 703-705.
- Canne, J. M.** (1977). A revision of the genus *Galinsoga* (Compositae: Heliantheae). *Rhodora*, 79(819), 319-389.
- Cardina, J., Herms, C. P., & Doohan, D. J.** (2002). Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science*, 50(4), 448-460.
- Cloutier, D. C., & Leblanc, M. L.** (2002). Effect of the combination of the stale seedbed technique with cultivations on weed control in maize. In *5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, 17.
- Conover, W. J.** (2012). The rank transformation - an easy and intuitive way to connect many nonparametric methods to their parametric counterparts for seamless teaching introductory statistics courses. *Computational Statistics*, 4(5), 432-438.
- Coolman, R. M., & Hoyt, G. D.** (1993). The effects of reduced tillage on the soil environment. *HortTechnology*, 3(2), 143-145.
- Damalas, C. A.** (2008). Distribution, biology, and agricultural importance of *Galinsoga parviflora* (Asteraceae). *Weed biology and management*, 8(3), 147-153.
- De Cauwer, B., Devos, R., Claerhout, S., Bulcke, R., & Reheul, D.** (2013). Seed dormancy, germination, emergence and seed longevity in *Galinsoga parviflora* and *G. quadriradiata*. *Weed Research*, 54(1), 38-47.
- De Cauwer, B., D'Hose, T., Cougnon, M., Leroy, B., Bulcke, R., & Reheul, D.** (2011). Impact of the quality of organic amendments on size and composition of the weed seed bank. *Weed research*, 51(3), 250-260.
- DeJong, T. M.** (1975). A comparison of three diversity indices based on their components of richness and evenness. *Oikos*, 26(2), 222-227.
- De Neve, S.** (2015). Bodemkunde (cursus). Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Universiteit Gent, Gent, België.
- De Neve, S.** (2017). Nutriëntenbeheer (cursus). Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Universiteit Gent, Gent, België.
- Devos, R.** (2012). Kiemingsbiologie, competitiviteit en herbicidengevoeligheid van harig knopkruid (*Galinsoga quadriradiata*) en kaal knopkruid (*Galinsoga parviflora*). Masterproef voorgedragen tot het behalen van de graad master in de bio-ingenieurswetenschappen: landbouwkunde. Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Universiteit Gent, Gent, België.
- Dierauer, H., Conder, M., & Weidmann, G.** (2017). Reducing weed seed pressure with the false seedbed technique. http://orgprints.org/31022/25/PA_007_False-seedbed_final_QR.pdf, laatst geraadpleegd op 26 februari 2017.

- Di Tomaso, J. M.** (1995). Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. *Weed Science*, 43(3), 491-497.
- DOV.** (2018). Databank Ondergrond Vlaanderen. <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner#ModulePage>, laatst geraadpleegd op 26 maart 2018.
- Elliott, J. A., & Efetha, A. A.** (1999). Influence of tillage and cropping system on soil organic matter, structure and infiltration in a rolling landscape. *Canadian Journal of Soil Science*, 79(3), 457-463.
- Ervin, G.N., Madsen, J.D., Wersal, R.M.** (2014). Shaggy-soldier (Hairy Galinsoga) (*Galinsoga quadriradiata* Cav.). https://www.gri.msstate.edu/ipams/FactSheets/Hairy_galinsoga.pdf, laatst geraadpleegd op 29 november 2017.
- Espinosa-García, F. J., Vázquez-Bravo, R., & Martínez-Ramos, M.** (2003). Survival, germinability and fungal colonization of dimorphic achenes of the annual weed *Galinsoga parviflora* buried in the soil. *Weed Research*, 43(4), 269-275.
- Evans, G. J., Bellinder, R. R., & Hahn, R. R.** (2012). An evaluation of two novel cultivation tools. *Weed Technology*, 26(2), 316-325.
- Fontanelli, M., Frascioni, C., Martelloni, L., Pirchio, M., Raffaelli, M., & Peruzzi, A.** (2015). Innovative strategies and machines for physical weed control in organic and integrated vegetable crops. *Chemical Engineering Transactions*, 44(1), 211-216.
- Fresco, L. F. M.** (1973). A model for plant growth. Estimation of the parameters of the logistic function. *Acta botanica neerlandica*, 22(5), 486-489.
- Froud-Williams, R. J., Chancellor, R. J., & Drennan, D. S. H.** (1984). The effects of seed burial and soil disturbance on emergence and survival of arable weeds in relation to minimal cultivation. *Journal of Applied Ecology*, 21(2), 629-641.
- Fu, R., & Ashley, R. A.** (2006). Interference of large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*), redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), and hairy galinsoga (*Galinsoga ciliata*) with bell pepper. *Weed science*, 54(2), 364-372.
- Fytoweb.** (2018). Toelatingen van gewasbeschermingsmiddelen raadplegen. <http://fytoweb.be/nl/gewasbeschermingsmiddelen/toelatingen-van-gewasbeschermingsmiddelen-raadplegen>, laatst geraadpleegd op 26 februari 2018.
- Gan-Mor, S., Clark, R. L., & Upchurch, B. L.** (2007). Implement lateral position accuracy under RTK-GPS tractor guidance. *Computers and Electronics in Agriculture*, 59(2), 31-38.
- Ghera, C. M., & Roush, M. L.** (1993). Searching for solutions to weed problems. *Bioscience*, 43(2), 104-109.
- Golis, A., Lata, B., Gawronski, S. W., & Fujii, Y.** (2007). Specific and total activities of the allelochemicals identified in buckwheat. *Weed Biology and Management*, 7(3), 164-171.
- Gopinathan, M. C., & Babu, C. R.** (1982). Cytogenetics of *Galinsoga parviflora* Cav. and *G. ciliata* (Raf.) Blake, and their natural hybrids (*Asteraceae*). *New Phytologist*, 91(3), 531-539.
- Grundy, A. C., Mead, A., & Bond, W.** (1996). Modelling the effect of weed-seed distribution in the soil profile on seedling emergence. *Weed Research*, 36(5), 375-384.
- Gunsolus, J. L.** (1990). Mechanical and cultural weed control in corn and soybeans. *American Journal of Alternative Agriculture*, 5(3), 114-119.
- Haramoto, E. R., & Gallandt, E. R.** (2005). Brassica cover cropping: II. Effects on growth and interference of green bean (*Phaseolus vulgaris*) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed science*, 53(5), 702-708.

- Hillocks, R. J.** (2012). Farming with fewer pesticides: EU pesticide review and resulting challenges for UK agriculture. *Crop Protection*, 31(1), 85-93.
- Hoek, J., & van der Weide, R.Y.** (2007). Bestrijding van knopkruid, ooievaarsbek en reigersbek. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten, Wageningen UR, Wageningen, Nederland.
- Huffman, L.** (2004). Problem Weed of the Month: Hairy Galinsoga. Ontario Ministry of Agriculture - Food and Rural Affairs, Ontario, Canada.
- Hutchinson, C. S., & Seymour, G. B.** (1982). *Poa annua* L. *Journal of Ecology*, 70(3), 887-901.
- Ivany, J.A.** (1971). *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake and *G. parviflora* Cav.: Germination, growth, development and control. Ph.D. Thesis. Cornell University, New York, United States of America.
- Ivany, J. A.** (1975). Today's weed: *Galinsoga*. *Weeds today*, 6(1), 22.
- Ivany, J. A., & Sweet, R. D.** (1973). Germination, growth, development, and control of *Galinsoga*. *Weed Science*, 21(1), 41-45.
- Jost, L.** (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88(10), 2427-2439.
- Jursík, M., Soukup, J., Venclová, V., & Holec, J.** (2003). Seed dormancy and germination of Shaggy soldier (*Galinsoga ciliata* Blake.) and Common lambsquarter (*Chenopodium album* L.). *Plant Soil and Environment*, 49(11), 511-518.
- Kabuce, N., Priede, N.** (2010). NOBANIS - Invasive Alien Species Fact Sheet: *Galinsoga quadriradiata*. <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/g/galinsoga-quadriradiata-/galinsoga-quadriradiata.pdf>, laatst geraadpleegd op 12 oktober 2017.
- Karlsson, L. M., Tamado, T., & Milberg, P.** (2008). Inter-species comparison of seed dormancy and germination of six annual Asteraceae weeds in an ecological context. *Seed Science Research*, 18(1), 35-45.
- Kooistra, M. J., & Tovey, N. K.** (1994). Effects of compaction on soil microstructure. *Developments in Agricultural Engineering*, 11(1), 91-111.
- Kruk, B., Insausti, P., Razul, A., & Benech-Arnold, R.** (2006). Light and thermal environments as modified by a wheat crop: effects on weed seed germination. *Journal of Applied Ecology*, 43(2), 227-236.
- KU Leuven.** (2013). Index of bioweb photos/G. <http://www.kuleuven-kulak.be/bioweb/photos/G/>, laatst geraadpleegd op 26 oktober 2017.
- Kumar, V., Brainard, D. C., & Bellinder, R. R.** (2009). Effects of spring-sown cover crops on establishment and growth of hairy galinsoga (*Galinsoga ciliata*) and four vegetable crops. *HortScience*, 44(3), 730-736.
- Kurstjens, D. A. G.** (1998). Overzicht van mechanische en fysische technologie voor onkruidbestrijding. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen, Nederland.
- Kutchera, L.** (1960). Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. Frankfurt-am-Main, Deutschland: DLG Verlag.
- Lanfranconi, L. E., Bellinder, R. R., & Wallace, R. W.** (1993). Grain rye residues and weed control strategies in reduced tillage potatoes. *Weed Technology*, 7(1), 23-28.
- Lamour, A., & Lotz, L. A.** (2007). The importance of tillage depth in relation to seedling emergence in stale seedbeds. *Ecological modelling*, 201(3), 536-546.

- Leake, A. R.** (1999). A Report of the Results of CWS Agriculture's Organic Farming Experiments 1989-1996. *Journal of the Royal Agricultural Society of England*, 160(1), 73-81.
- Liebman, M., & Davis, A. S.** (2000). Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*, 40(1), 27-48.
- Lotz, L. A. P., Wallinga, J., & Kropff, M. J.** (1995). Crop-weed interactions: quantification and prediction. *Ecology and Integrated Farming Systems*, 31-47.
- Mattsson, B., Nylander, C., & Ascard, J.** (1990). Comparison of seven inter-row weeders. In *Proceedings 3rd International Conference on Non-chemical Weed Control*, 91-107.
- Melander, B., & Rasmussen, K.** (2000). Reducing intra-row weed numbers in row crops by means of a biennial cultivation system. *Weed Research*, 40(2), 205-218.
- Melander, B., Rasmussen, I. A., & Bàrberi, P.** (2005). Integrating physical and cultural methods of weed control - examples from European research. *Weed Science*, 53(3), 369-381.
- Merfield, C. N.** (2002). Organic weed management: a practical guide. Lincoln University, Lincoln, New Zealand.
- Milberg, P., Andersson, L., & Noronha, A.** (1996). Seed germination after short-duration light exposure: implications for the photo-control of weeds. *Journal of Applied Ecology*, 33(6), 1469-1478.
- Oriade, C., & Forcella, F.** (1999). Maximizing efficacy and economics of mechanical weed control in row crops through forecasts of weed emergence. *Journal of crop production*, 2(1), 189-205.
- Pagliai, M., Vignozzi, N., & Pellegrini, S.** (2004). Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research*, 79(2), 131-143.
- Pareja, M. R., & Staniforth, D. W.** (1985). Seed-soil microsite characteristics in relation to weed seed germination. *Weed Science*, 33(2), 190-195.
- PCBT.** (2010). Knopkruid doorzien en beheersen. Interprovinciaal Proefcentrum voor de Biologische Teelt vzw, Rumbke-Beitem, België.
- Peachey, R. E., Pinkerton, J. N., Ivors, K. L., Miller, M. L., & Moore, L. W.** (2001). Effect of soil solarization, cover crops, and metham on field emergence and survival of buried annual bluegrass (*Poa annua*) seeds. *Weed Technology*, 15(1), 81-88.
- Pinheiro, E. F. M., Pereira, M. G., & Anjos, L. H. C.** (2004). Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. *Soil and Tillage Research*, 77(1), 79-84.
- Pullen, D. W. M., & Cowell, P. A.** (1997). An evaluation of the performance of mechanical weeding mechanisms for use in high speed inter-row weeding of arable crops. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67(1), 27-34.
- Rai, J. P. N., & Tripathi, R. S.** (1983). Population regulation of *Galinsoga ciliata* and *G. parviflora*. *Weed Research*, 23(3), 151-163.
- Rai, J. P. N., & Tripathi, R. S.** (1987). Germination and plant survival and growth of *Galinsoga parviflora* Cav. as related to food and energy content of its ray- and disc-achenes. *Acta Oecologica, Oecologia Plantarum*, 8(2), 155-165.
- Rask, A. M., & Kristoffersen, P.** (2007). A review of non-chemical weed control on hard surfaces. *Weed Research*, 47(5), 370-380.
- Rasmussen, J.** (2003). Punch planting, flame weeding and stale seedbed for weed control in row crops. *Weed Research*, 43(6), 393-403.

- Rasmussen, I. A.** (2004). The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *Weed research*, 44(1), 12-20.
- Reinhardt, F., Herle, M., Bastiansen, F., & Streit, B.** (2003). Economic impact of the spread of alien species in Germany. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Berlin, Germany.
- Richards, M. C., & Whytock, G. P.** (1993). Varietal competitiveness with weeds. *Aspects of Applied Biology, Physiology of Varieties*, 34(1), 345-354.
- Riemens, M. M., Bleeker, P. O., Groeneveld, R. M. W., & van der Weide, R. Y.** (2011). Bestrijding van Knopkruid: rapportage veldexperimenten 2009 en 2010. Plant Research International B.V., Wageningen UR, Wageningen, Nederland.
- Riemens, M. M., Van Der Weide, R. Y., Bleeker, P. O., & Lotz, L. A. P.** (2007). Effect of stale seedbed preparations and subsequent weed control in lettuce (cv. Iceboll) on weed densities. *Weed Research*, 47(2), 149-156.
- Riemens, M. M., & van der Weide, R. Y.** (2008). *Galinsoga parviflora* (Gallant soldier): biology and control of *Galinsoga parviflora*, overview of a literature survey. Plant Research International B.V., Wageningen UR, Wageningen, The Netherlands.
- Russo, V. M., Cartwright, B., & Webber III, C. L.** (1997). Mulching effects on erosion of soil beds and on yield of autumn and spring planted vegetables. *Biological Agriculture & Horticulture*, 14(2), 85-93.
- Sawma, J. T., & Mohler, C. L.** (2002). Evaluating seed viability by an unimbibed seed crush test in comparison with the tetrazolium test. *Weed Technology*, 16(4), 781-786.
- Senesac, A. F., & Minotti, P. L.** (1979). Competition between red kidney beans and annual broadleaf weeds. *Proc. Northeast Weed Sci. Soc.*, 33(1), 108
- Shontz, N. N., & Shontz, J. P.** (1972). Rapid evolution in populations of *Galinsoga ciliata* (Compositae) in western Massachusetts. *American Midland Naturalist*, 88(1), 183-199.
- Sirvydas, A., Lazauskas, P., Stepanas, A., Nadzeikiene, J., & Kerpauskas, P.** (2006). Plant temperature variation in the thermal weed control process. *Zeitschrift für pflanzenkrankheiten und pflanzenschutz-sonderheft*, 20(1), 355.
- Soane, B. D., & Van Ouwerkerk, C.** (1994). Soil compaction problems in world agriculture. *Developments in agricultural engineering*, 11(1), 1-21.
- Stoffert, G.** (1994). Das Unkraut im Dschungel der Gesetze. *Gärtnerbörse*, 37(1).
- Ter Heerdt, G. N. J., Verweij, G. L., Bekker, R. M., & Bakker, J. P.** (1996). An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional ecology*, 10(1), 144-151.
- Tester, M., & Morris, C.** (1987). The penetration of light through soil. *Plant, Cell & Environment*, 10(4), 281-286.
- Turner, B.** (2000). Weeds and the organic farmer. *The Organic Way*, 160(1), 44-45.
- van der Meijden, R.** (2005). Heukels' Flora van Nederland. 23^{ste} druk, Groningen, Nederland: Wolters-Noordhoff Uitgevers B.V.
- Van der Schans, D. A., Bleeker, P. O., Molendijk, L. P. G., Plentinger, M. C., Van Der Weide, R. Y., Lotz, L. A. P., ... & Baumann, D. T.** (2006). Practical weed control in arable farming and outdoor vegetable cultivation without chemicals. *Applied Plant Research*, Lelystad, The Netherlands.
- Van der Vegte, F. W.** (1978). Population differentiation and germination ecology in *Stellaria media* (L.) Vill. *Oecologia*, 37(2), 231-245.

- Van Der Weide, R. Y., Bleeker, P. O., & Lotz, L. A. P.** (2002). Simple innovations to improve the effect of the false seedbed techniques. In *Proceedings of 5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, 3-4.
- Van Landuyt, W., Hoste, I., Vanhecke, L., Van Den Bremt, P., Vercruysse, W., & de Beer, D.** (2006). Atlas van de Flora van Vlaanderen en het Brussels Gewest. Meise, België: Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Nationale Plantentuin van België & Flo. Wer.
- Van Ranst, E., & Sys, C.** (2000). Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen (Schaal 1: 20 000). Laboratorium voor Bodemkunde, Universiteit Gent, Gent, België.
- Vibrans, H.** (1999). Epianthropochory in Mexican weed communities. *American journal of botany*, 86(4), 476-481.
- Virbickaite, R., Sirvydas, A. P., Kerpauskas, P., & Vasinauskiene, R.** (2006). The comparison of thermal and mechanical systems of weed control. *Agronomy research*, 4(1), 451-455.
- Vleeshouwers, L. M., Bouwmeester, H. J., & Karssen, C. M.** (1995). Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology*, 83(6), 1031-1037.
- Vos, J., & Van der Putten, P. E. L.** (1997). Field observations on nitrogen catch crops. Potential and actual growth and nitrogen accumulation in relation to sowing date and crop species. *Plant and Soil*, 195(2), 299-309.
- Wallace, R. W., & Bellinder, R. R.** (1992). Alternative tillage and herbicide options for successful weed control in vegetables. *HortScience*, 27(7), 745-749.
- Warwick, S. I.** (1979). The Biology of Canadian Weeds.: 37 *Poa annua* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 59(4), 1053-1066.
- Warwick, S. I., & Sweet, R. D.** (1983). The Biology of Candian Weeds: *Galinsoga parviflora* and *G. quadriradiata* (= *G. ciliata*). *Canadian Journal of Plant Science*, 63(3), 695-709.
- Weber, E., & Gut, D.** (2005). A survey of weeds that are increasingly spreading in Europe. *Agronomy for Sustainable Development*, 25(1), 109-121.
- Welsh, P., Philipps, L., Bulson, H. A., & Wolfe, M.** (1999). Weed control strategies for organic cereal crops. In *Brighton crop protection conference weeds*, 945-950.
- Williams, L. J., & Abdi, H.** (2010). Fisher's least significant difference (LSD) test. *Encyclopedia of research design*, 218(1), 840-853.
- Wurr, D. C. E., Fellows, J. R., & Bufton, L. P.** (1985). Effects of seed covering treatments on the emergence and seedling growth of crisp lettuce drilled with an experimental dibber drill. *The Journal of Agricultural Science*, 105(3), 535-541.
- Wszelaki, A. L., Doohan, D. J., & Alexandrou, A.** (2007). Weed control and crop quality in cabbage (*Brassica oleracea* (capitata group)) and tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) using a propane flamer. *Crop Protection*, 26(2), 134-144.
- Yenish, J. P., Doll, J. D., & Buhler, D. D.** (1992). Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. *Weed Science*, 40(3), 429-433.

7 Bijlage

Bijlage 1: Detail perceelshistoriek (2012-2016) van het proefperceel van experiment 1.

Jaar	Gewas	Zaai- of plant datum	Oogstdatum	Bemesting	Bodem bewerkingen	Groenbedekker
2012	zomergerst	28/03/2012	07/08/2012	- Runderdrijfmest (25 ton ha ⁻¹)	- Kerend: ploegen - Niet kerend: eggen (vaste tandeg), rotoeggen, wiedeeggen	- Japanse haver - Alexandrijnse klaver - Incarnaatklaver (zaai: 29/08/2012)
2013	broccoli	02/07/2013	13/09/2013	- Runderstalmest (25 ton ha ⁻¹) - Haspargit (0.667 ton ha ⁻¹ , 15% K ₂ O)	- Kerend: ploegen - Niet kerend: eggen (vaste tandeg), rotoeggen, schoffelen	- Japanse haver (zaai: 03/10/2013)
2014	aardappel	13/04/2014	02/09/2014	- Runderstalmest (30 ton ha ⁻¹) - Haspargit (0.667 ton ha ⁻¹ , 15% K ₂ O)	- Kerend: ploegen - Niet kerend: eggen (vaste tandeg), rotoeggen, schoffelen, aanaarden	- Gras (75%) - Klaver (wit + rood) (25%) (zaai: 04/09/2014)
2015	gras-klaver	04/09/2014	20/05/2015 29/06/2015 11/08/2015 25/09/2015	- Runderdrijfmest (25 ton ha ⁻¹)	- Niet kerend: wiedeeggen	x
2016	prei	07/07/2016	09/01/2017	- Runderstalmest (30 ton ha ⁻¹) - Haspargit (0.667 ton ha ⁻¹ , 15% K ₂ O)	- Half kerend: spitsfrezen - Niet kerend: eggen (vaste tandeg), wiedeeggen, rotoeggen, schoffelen, aanaarden	x

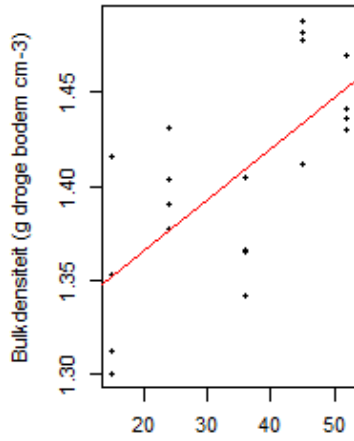
Bijlage 2: Detail perceelshistoriek (2012-2016) van het proefperceel van experimenten 2 en 3.

Jaar	Gewas	Zaai- of plant datum	Oogstdatum	Bemesting	Bodem bewerkingen	Groenbedekker
2012	witloof	27/05/2012	*NB	- Haspargit (1000 kg ha ⁻¹ , 15% K ₂ O)	- Kerend: ploegen - Niet kerend: eggen (vaste tandeg), rotoeggen, schoffelen, aanaarden	x
2013	zomergerst	05/04/2013	04/08/2013	- Runderdrijfmest (20 ton ha ⁻¹)	- Kerend: ploegen - Niet kerend: eggen (vaste tandeg), rotoeggen, wiedeeggen	- Phacelia (12 kg ha ⁻¹) (zaai: 28/08/2013)
2014	rode kool	15/05/2014	01/12/2014	- Runderstalmest (30 ton ha ⁻¹) - Haspargit (700 kg ha ⁻¹ , 15% K ₂ O)	- Kerend: ploegen - Niet kerend: eggen (vaste tandeg), rotoeggen, schoffelen	x
2015	quinoa	10/04/2015	02/10/2015	- Runderdrijfmest (25 ton ha ⁻¹)	- Kerend: ploegen - Niet kerend: eggen (vaste tandeg), rotoeggen, wiedeeggen, schoffelen	x
2016	soja	17/05/2016	23/09/2016 (20/07/2016) ¹	- Haspargit (667 kg ha ⁻¹ , 15% K ₂ O)	- Niet kerend: eggen (vaste tandeg), rotoeggen, wiedeeggen, schoffelen	- Zomergerst (zaai: 29/09/2016)

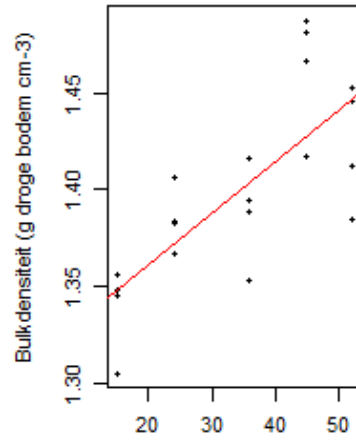
*NB = niet bekend

¹Op het proefperceel van experiment 2 werd de soja in 2016 niet geoogst, maar vroegtijdig ingewerkt wegens een te grote onkruiddruk van onder meer *G. quadriradiata*.

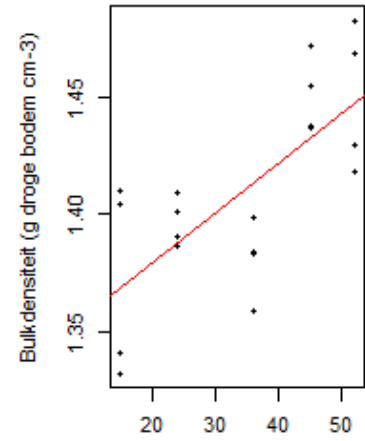
Bijlage 3: Enkelvoudige lineaire regressie tussen bulkdensiteit en het tijdsverloop van de vals zaaibed periode (aantal dagen na installatie van het vals zaaibed) bij zes verschillende behandelingen: (a) 4 cm diep rolschoffelen ($p_{(Dag)} = 7.34 \cdot 10^{-4}$): $BULK = 1.131 + 0.0027 \cdot Dag$ ($R^2 = 0.48$), (b) 2 cm diep rolschoffelen ($p_{(Dag)} = 1.18 \cdot 10^{-4}$): $BULK = 1.308 + 0.0027 \cdot Dag$ ($R^2 = 0.57$), (c) 3-3.5 cm diep wiedegeen ($p_{(Dag)} = 3.46 \cdot 10^{-4}$): $BULK = 1.336 + 0.0022 \cdot Dag$ ($R^2 = 0.52$), (d) 1-1.5 cm diep wiedegeen ($p_{(Dag)} = 5.63 \cdot 10^{-3}$): $BULK = 1.320 + 0.0028 \cdot Dag$ ($R^2 = 0.35$), (e) branden ($p_{(Dag)} = 1.37 \cdot 10^{-3}$): $BULK = 1.325 + 0.0026 \cdot Dag$ ($R^2 = 0.44$), (f) controle ($p_{(Dag)} = 4.54 \cdot 10^{-5}$): $BULK = 1.305 + 0.0030 \cdot Dag$ ($R^2 = 0.61$).



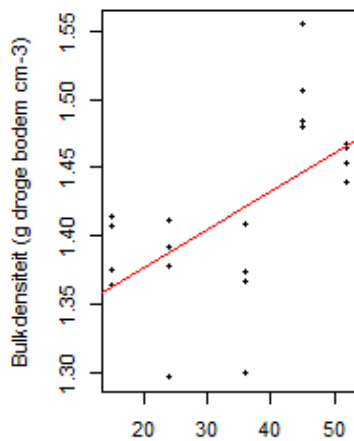
(a)



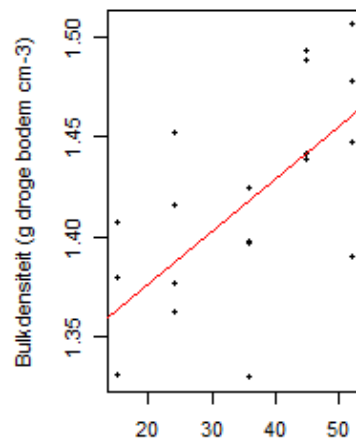
(b)



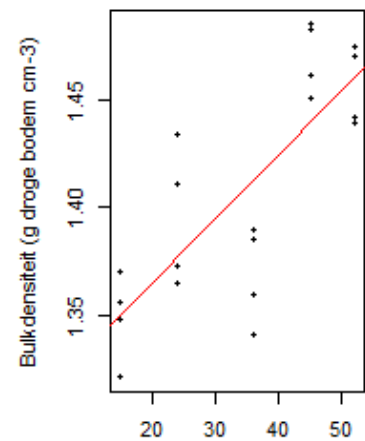
(c)



(d)



(e)



(f)

Bijlage 4: Enkelvoudige lineaire regressie tussen de *Galinsoga* veldopkomst en het volumetrisch bodemvochtgehalte bij drie verschillende behandelingen: (a) 4 cm diep rolschoffelen ($p_{(Vol)} = 1.03 \cdot 10^{-6}$): Opkomst = $-102.475 + 7.979 \cdot Vol$ ($R^2 = 0.74$), (b) 2 cm diep rolschoffelen ($p_{(Vol)} = 6.43 \cdot 10^{-3}$): Opkomst = $-48.020 + 5.319 \cdot Vol$ ($R^2 = 0.35$), (c) 3-3.5 cm diep wiedegegen ($p_{(Vol)} = 8.03 \cdot 10^{-3}$): Opkomst = $-38.215 + 4.765 \cdot Vol$ ($R^2 = 0.33$).

[Enkelvoudige lineaire regressies tussen de *Galinsoga* veldopkomst en het volumetrisch bodemvochtgehalte bij 1-1.5 cm diep wiedegegen ($p = 0.114$) en branden ($p = 0.301$) bleken niet significant volgens het 5% significantieniveau.]

