

Knopkruid brongericht aanpakken op biologische groentenbedrijven



Eindrapport

Eindredactie: Benny De Cauwer (UGENT)

Co-auteurs: Karel Dewaele, Lieven Delanote (INAGRO); Nina Biesemans, Sander De Ryck, Tim De Cuyper, Benny De Cauwer (UGENT); Thijs Vanden Nest, Jane Debode, Bart Vandecasteele, Koen Willekens (ILVO)

Datum: 18/04/2018

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	4
2.	Doelstellingen	5
3.	Materiaal en methoden	8
3.1.	WP1: Link tussen zaadbankgrootte en gevoerde gewas- en bodembeheer	8
3.1.1.	Bodemstaalnames.....	8
3.1.2.	Zaadbankanalyse (experiment 1).....	9
3.1.3.	Registratie perceelshistoriek.....	9
3.1.4.	Analyse fysische, chemische en biologische bodemkwaliteit.....	10
3.1.5.	Link tussen zaadbankgrootte en perceelshistoriek	10
3.2.	WP2: Studie van de kiemingsbiologie en langlevendheid van <i>Galinsoga</i> populaties.....	10
3.2.1.	Zaadproductie in isoleerkooien	10
3.2.2.	Kiemproeven (experiment 2.1).....	11
3.2.3.	Diepte-opkomstproef (experiment 2.2).....	12
3.2.4.	Accelerated ageing proef (experiment 2.3)	13
3.2.5.	Link tussen kiemingsbiologie en gewas/bodembeheer.....	14
3.3.	WP3: Optimalisatie van knopkruidreducerende technieken	14
3.3.1.	Vals zaaibed proef in wortelruggen (experiment 3.1)	14
3.3.2.	Invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en knopkruidopkomst (experiment 3.2)	15
3.3.3.	Invloed van bewerkingstuig en -diepte op zaadbankdepletie en knopkruidopkomst (experiment 3.3)	16
4.	Resultaten en discussie	19
4.1.	WP1: Inventarisatie van grootte van de knopkruidzaadbank in biologisch beheerde groentenpercelen en associatie met gevoerde teeltsystemen	19
4.1.1.	Zaadbankdensiteit knopkruid	19
4.1.2.	Link tussen zaadbankgrootte en perceelshistoriek	22
4.1.3.	Link met fysische, chemische en biologische bodemkwaliteit	28
4.2.	WP2: Karakterisatie van knopkruidpopulaties op vlak van kiemingsbiologie en zaadlanglevendheid	31
4.2.1.	Kiemproeven (experiment 2.1).....	31
4.2.2.	Diepte-opkomstproef (experiment 2.2).....	33
4.2.3.	Accelerated ageing proef (experiment 2.3)	36
4.2.4.	Link tussen kiemingsbiologie en perceelshistoriek.....	38
4.3.	WP3: In situ optimalisatie van de bestrijding van knopkruidreducerende maatregelen	38

4.3.1.	Wortelruggenproef (experiment 3.1)	38
4.3.2.	Invloed van bewerkingsdiepte (experiment 3.2)	41
4.3.3.	Invloed van bewerkingsdiepte en -type (experiment 3.3)	43
5.	Besluit en aanbevelingen	47
6.	Bronnen.....	51
7.	BIJLAGEN	52
7.1.	BIJLAGE 1: Materiaal en methoden bij bepaling van de bodemeigenschappen	52
7.1.1.	Fysische bodemeigenschappen	53
7.1.1.1.	Belgische bodemclassificatie	53
7.1.1.2.	WRB bodemclassificatie	53
7.1.1.3.	Bepaling van de zandfractie.....	53
7.1.2.	Chemische bodemeigenschappen	55
7.1.3.	Bodemleven analyse	56
7.1.3.1.	RUSCH-test.....	56
7.1.3.2.	Alternatieve RUSCH-test via bio-elektronische metingen (Rusch, 2014).....	57
7.1.3.3.	Bepaling van microbiële biomassa op basis van fosfolipide vetzuren: PLFA	58
7.1.4.	Bronnen.....	59
7.2.	BIJLAGE 2: Verband tussen bodemeigenschappen en de bodembioologie in 50 biopercelen. 60	
7.2.1.	Selectie van parameters.....	61
7.2.1.1.	Chemische bodemeigenschappen	61
7.2.1.2.	Biologische bodemeigenschappen	62
7.2.1.3.	Bodemtype.....	62
7.2.2.	Invloed van het bodemmanagement op de bodemeigenschappen.....	63
7.2.2.1.	Bodembewerking.....	63
7.2.2.2.	Bemesting	64
7.2.3.	Verbanden tussen chemische en biologische bodemeigenschappen	66
7.2.4.	Conclusie	69
7.3.	BIJLAGE 3: Fysische, chemische en biologische eigenschappen van de bemonsterde biologische groentenpercelen.	71

1. Inleiding

Knopkruiden [kaal knopkruid (*Galinsoga parviflora* Cav.) en harig knopkruid (*Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav.)] zijn problematische onkruiden in conventionele en biologische akker- en tuinbouw en in het bijzonder in biologische groententeelt. Ze zijn niet alleen heel proliferant maar ook lastig te bestrijden. Knopkruiden groeien namelijk snel en produceren veel zaden, met geringe kiemrust. Hierdoor kunnen meerdere generaties per jaar gevormd worden, in het bijzonder in laaggroeiende gewassen met een open bladerdek waaronder vele groentengewassen, hetgeen hun zaadvoorraad in de bodem snel doet aandikken, zeker bij uitblijven van doeltreffende bestrijding. Bovendien zijn knopkruiden lastig mechanisch te bestrijden: ze ontwortelen moeilijk en hun afgesneden plantendelen kunnen makkelijk herinwortelen. Ondoeltreffende bestrijding leidt al vlug tot felle aanrijking van de voorraad aan levende knopkruidzaden in de bodem (ook wel zaadbank genaamd) en hypothekeert op termijn fel de kwaliteit, productiviteit en rendabiliteit van het bedrijf. Immers, de voorraad knopkruidzaden aanwezig in de bouwvoor van een perceel is recht evenredig met de uiteindelijke knopkruidbezetting op het perceel. Hoge knopkruidbezettingen reduceren de gewaskwaliteit en -productie en verhogen de benodigde hoeveelheid arbeidsuren nodig voor schoffelen en (hand)wieden in de gewasrij. Bijgevolg is het laag houden van deze zaadbank van het allergrootste belang. Daarnaast is de zaadbankgrootte aan knopkruidzaden een accurate maatstaf voor het welslagen of mislukken van het gevoerde teeltsysteem of onkruidbestrijdingsprogramma. Bijgevolg is het een uitstekende indicator voor het langetermijneffect van het gevoerde gewas- en bodembeheer.

Dit project bestudeert de zaadbankgrootte en kiemingsbiologie van knopkruiden in relatie tot het gevoerde cultuurtechnische beheer (rotatie, gewas, bodembeheer,...) en reikt vanuit deze bevindingen aanbevelingen aan met betrekking tot knopkruid onderdrukkende cultuurtechnische en curatieve maatregelen. Daarnaast worden de schoffel- en brandtechniek geoptimaliseerd voor bestrijdingseffectiviteit in vals zaaibed en/of in het gewas zelf en wordt nagegaan in welke mate bepaalde schoffeldiepte-instellingen nieuwe kiemingsgolven van knopkruid kunnen voorkomen of beperken.

2. Doelstellingen

Voor dit onderzoeksproject werden drie **doelstellingen** vooropgesteld.

Een eerste doelstelling is het in kaart brengen van de aanwezige zaadbankgrootte op een selectie van biologische groentenpercelen en het koppelen van deze data aan vaste bodemkenmerken (de hydrologie, de textuur en de profielontwikkeling), chemische en biologische bodemkwaliteit (gehalte en kwaliteit van de organische stof, omvang, activiteit en samenstelling van de microflora, voedingstoestand en zuurtegraad) en gevoerde perceelsbeheer (vruchtwisseling, bemesting, type bodembewerking, zaaitijdstip, standdichtheid gewas, inter- en intrarijafstand, planten/zaaien, zaai/plant-verband, groenbedekkers, gevoerde onkruidbestrijding) van de bemonsterde percelen.

Een tweede doelstelling klaart uit of er een relatie is tussen de kiemingsbiologie (o.a. zaadlanglevendheid, zaaddormantie, lichtbehoefte voor kieming, min en max. kiemtemperatuur, optimale en max. kiemingsdiepte) van knopkruidpopulaties en het gevoerde perceelsbeheer. Immers, het lokaal toegepast teeltsysteem kan mogelijk geselecteerd hebben voor knopkruidbiotipes die aangepast zijn aan het gevoerde perceelsbeheer. Als er een relatie is, dan betekent dit dat de kiemingsbiologie aangestuurd kan worden door het perceelsbeheer.

Een derde doelstelling omvat het optimaliseren van bekende curatieve ingrepen (branden en schoffelen op vals zaaibed en/of in het gewas) voor de bestrijding van knopkruid. Hierbij aansluitend stelt zich de vraag of minimale variaties in schoffeldiepte van bekende schoffeltechnieken een invloed hebben op de intensiteit waarmee knopkruid bestreden wordt op vals zaaibed.

De doelstellingen van het project vertalen zich in drie **hypothesen(H)** elk overeenstemmend met een welbepaald werkpakket (Schema 1, Schema 2):

H1. De zaadbankgrootte aan knopkruidzaden varieert van perceel tot perceel en is afhankelijk van de cultuurtechnische historiek en pedohydrologische eigenschappen van het perceel.

H2. Knopkruidpopulaties verschillen in kiemingsbiologie en zaadlanglevendheid. Dergelijke eigenschappen staan bloot aan selectiedruk vanwege het gevoerde perceelsbeheer.

H3. Curatieve knopkruidbestrijdende ingrepen kunnen geoptimaliseerd worden op vlak van effectiviteit en preventie van nieuwe kiemingsgolven.

De hiermee corresponderende **onderzoeksvragen(OV)** zijn (tussen haakjes de werkpakketten waarin dit onderzocht wordt) :

OV1.1. Is er een verband tussen de zaadbankgrootte aan knopkruidzaden en het gevoerde gewas- en bodembeheer? (WP1)

OV1.2. Is er een verband tussen de zaadbankgrootte aan knopkruidzaden en de bodemfysische, bodemchemische en bodembioologische eigenschappen van het perceel? (WP 1)

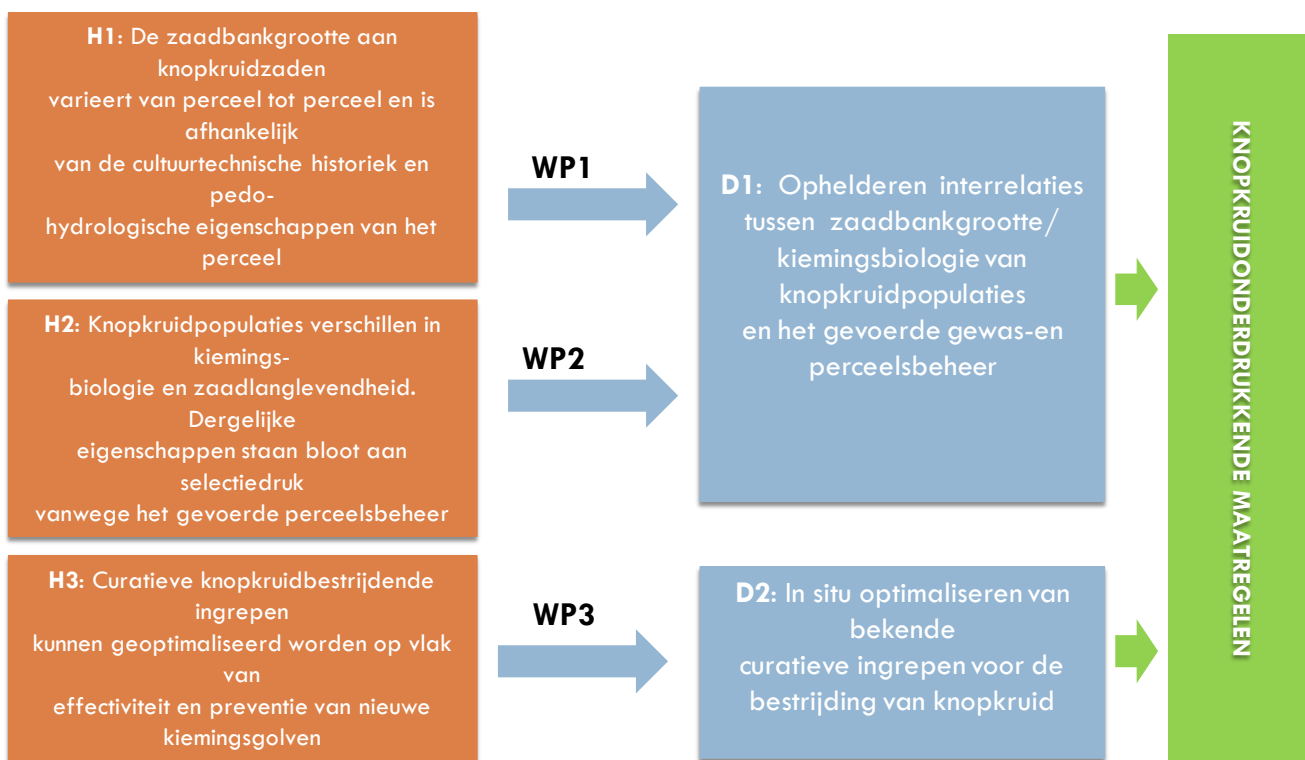
OV2.1. Verschillen knopkruidpopulaties in kiemingsbiologie en zaadlanglevendheid? (WP2)

OV2.2. Is er een verband tussen het gevoerde perceelsbeheer en de kiemingsbiologie en zaadlanglevendheid van de aanwezige knopkruidpopulaties? (WP2)

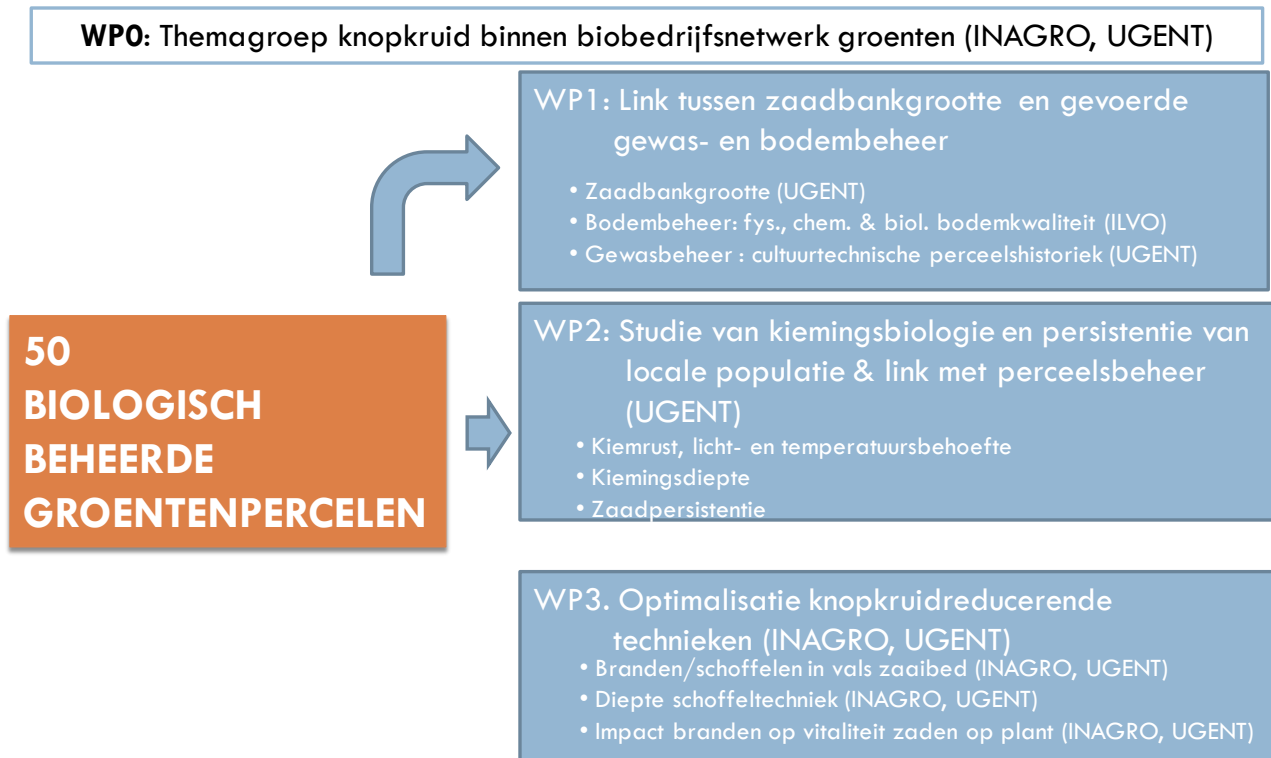
OV2.3. Hoe groot is de aangetroffen variatie in kiemingsbiologie en langlevendheid van de zaden in welke mate is deze belangrijk voor toekomstig beheer? (WP2)

OV3.1. Hoe kunnen curatieve ingrepen geoptimaliseerd worden om knopkruiden maximaal te bestrijden zonder nieuwe kiemingsgolven te stimuleren? (WP3)

Het project omvat 4 werkpakketten (Schema 2). Werkpakket WP 0 omvat het communicatieve luik: dit luik behelst de communicatie tussen alle geledingen (projectpartners, biotelers (waaronder de biotelers op wiens percelen een bodem- en zaadbankbemonstering is uitgevoerd), stakeholders uit het werkveld). Via dit luik werd de keuze van de bemonsterde groentenpercelen geoptimaliseerd in nauw overleg met de betrokken biotelers en werden proefresultaten uitgewisseld en besproken. Werkpakketten 1, 2 en 3 bundelen respectievelijk de experimenten m.b.t. zaadbankgrootte, kiemingsbiologie en vals zaaibed behandelingen. Deze werkpakketten resulteren in opheldering van de relaties tussen zaadbankgrootte en kiemingsbiologie enerzijds en bodem- en gewasbeheer anderzijds, en optimaliseren vals zaaibed bewerkingen. Deze bevindingen monden uit in het formuleren van knopkruidonderdrukkende maatregelen.



Schema 1: Hypothesen en doelstellingen van het knopkruidproject



Schema 2: Werkpakketten van het knopkruidproject (tussen haakjes: de projectpartner verantwoordelijk voor het werk). Werkpakketten 1 en 2 steunen op bodemstalen genomen op 50 biologische beheerde groentenpercelen.

3. Materiaal en methoden

3.1. WP1: Link tussen zaadbankgrootte en gevoerde gewas- en bodembeheer

3.1.1. Bodemstaalnames

In de periode 10 maart 2017 - 7 april 2017 werden op 50 biologische groentenpercelen (Figuur 1, Tabel 1) verdeeld over 39 biologische landbouwbedrijven bodemstalen genomen ter bepaling van de zaadbankgrootte aan *Galinsoga* zaden enerzijds en de fysische, chemische en biologische bodemkwaliteit anderzijds. De bemonsterde groentenpercelen werden al minstens 5 jaar biologisch beheerd en representeerden een grote verscheidenheid aan *Galinsoga* druk (laag, medium, hoog), bodembewerkingstypes (kerend, half-kerend, niet kerend), bodemtexturen (zand, zandleem, leem, klei), organische bemestingsvormen (compost, stalmest, mengmest) en onkruidbestrijdingswijzen (mechanisch, thermisch).

In ieder perceel werd een uniforme bemonsteringszone van 6 op 50 meter (300 m²) uitgezet. In deze zone werden 100 bodemstalen genomen met een gutsboor (Ø2.5 cm) voor het vormen van een mengmonster. De bemonsteringsdiepte bedroeg 20 cm. Tabel 1: GPS-coördinaten van 50 bemonsterde groentenpercelen geeft de GPS coördinaten aan van het middelpunt van iedere meetzone. Deze bodemstalen werden vervolgens samengevoegd tot een mengmonster waarvan een deel gebruikt werd voor zaadbankanalyse en een ander deel voor bodemanalyse.



Figuur 1: Locaties van de 50 bemonsterde locaties, landbouwbedrijven waar 2 percelen bemonsterd werden zijn aangeduid met een '2'.

Tabel 1: GPS-coördinaten van 50 bemonsterde groentenpercelen.

Perceel	GPS N	GPS O	Perceel	GPS N	GPS O	Perceel	GPS N	GPS O
4	50,825058	3,189010	21	50,744825	3,259648	38	51,005800	2,673533
5	50,825097	3,189123	22	50,862543	3,940969	39	50,819050	3,068100
6	51,015259	2,982019	23	50,857042	4,181657	40	50,801350	3,208933
7	51,014365	3,237033	24	51,186223	3,880840	41	51,156300	3,953183
8	51,111162	3,259287	25	51,172096	3,902719	42	51,154183	3,955117
9	51,116039	3,021600	26	51,241479	4,024845	43	50,779283	3,728000
10	51,124344	4,654488	27	51,103272	3,824326	44	50,774517	3,784500
11	51,230510	4,601094	28	51,096281	4,298835	45	50,758950	4,199117
12	51,231001	4,602448	29	51,061046	4,299397	46	51,159317	4,745033
13	51,170662	4,615327	30	51,082816	4,253338	47	51,159817	4,744700
14	50,944787	3,486520	31	51,078572	4,243215	48	51,335150	4,910767
15	50,980311	3,578712	32	51,086570	4,601769	49	50,860883	3,904683
16	50,868283	2,756146	33	50,926167	2,980643	50	50,822617	2,814317
17	50,868836	2,755343	34	50,942982	2,807962	51	50,816433	2,717550
18	50,818077	2,794749	35	50,942598	2,808597	52	51,268150	3,553417
19	50,818866	2,795674	36	50,986641	2,902530	53	51,267400	3,550633
20	50,749222	3,299260	37	50,903959	3,129300			

3.1.2. Zaadbankanalyse (experiment 1)

Van ieder groentenperceel werd de zaadbankdensiteit (aantal levende zaden per m² bouwvoor met dikte 20 cm) bepaald aan de hand van de zaailing-opkomstmethode na bulkreductie van het grondstaal. Hiertoe werden van ieder mengmonster (globaal staal bestaande uit 100 boorstalen) drie representatieve substalen genomen, van ieder 2 kg, om tot een representatief substaal te komen van 6 kg grond. Ieder substaal werd vervolgens gespoeld op een zeef van 200 µm waarna het achtergebleven residu uitgezaaid werd op een zaden vrij veensubstraat aanwezig in een kiembak (B 40 x L 45 x H 5cm) en vervolgens licht afgedekt werd. Kiemende onkruiden werden gedetermineerd tot op soortniveau, geteld en verwijderd. Kieming werd gedurende 6 maanden opgevolgd om de zaadbankgrootte precies in te schatten. Per perceel waar knopkruid aanwezig was in de zaadbank, werden 20 plantjes (indien mogelijk) opgekweekt om het aandeel harig en kaal knopkruid aanwezig in de zaadbank te bepalen en om een zaadproductie op te zetten (zie sectie 3.2). Tevens werden extra subsamples genomen voor de chemische en biologische bepalingen (zie 3.1.4).

3.1.3. Registratie perceelshistoriek

Van elk bemonsterd perceel werd de perceelshistoriek opgevraagd. Voor 42 van de 50 percelen werden data ter beschikking gesteld en geregistreerd. De volgende parameters werden, zo nauwkeurig mogelijk, geregistreerd en dit voor de afgelopen 5 jaar: vruchtwisseling, basisbemesting [vorm (stalmest, mengmest, compost), dosis], type bodembewerking (kerend, half-kerend, niet-kerend), zaaitijdstip, standdichtheid gewas, inter- en intrarijafstand, planten/zaaien, zaai-/plantverband, groenbedekkers, tijdstippen van onkruidbestrijding, ingezette bestrijdingsmethoden (thermisch, mechanisch), effectiviteit van gevoerde onkruidbestrijding, gebruik van vals zaaid.

3.1.4. Analyse fysische, chemische en biologische bodemkwaliteit

Daarnaast werden van ieder perceel de hydrologie, de textuur en de profielontwikkeling (min of meer vaste bodemkenmerken) in beschouwing genomen en werd de chemische en biologische bodemkwaliteit bepaald (gehalte en kwaliteit van de organische stof; omvang, activiteit en samenstelling van de microflora; voedingstoestand (reserves en plant opneembare fracties) en zuurtegraad) die in verband staat met het gevoerde gewas- en bodembeheer. De omvang en samenstelling van het bodemleven kan belangrijk zijn voor de mate van microbiel bederf van knopkruidzaden. De microbiële activiteit in de bodem, die verband houdt met beschikbare C-bronnen, minerale voedingsstoffen en pH, is mogelijk bepalend voor de kieming van de knopkruidzaden. In Bijlage 1 staat de detailomschrijving van de verrichte analyses.

3.1.5. Link tussen zaadbankgrootte en perceelshistoriek

Aan de hand van principale componentenanalyse werd het verband tussen zaadbankgrootte enerzijds, en vaste bodemkenmerken, bodemkwaliteit en perceelshistoriek gerelateerde parameters anderzijds onderzocht. Hiermee konden knopkruidreducerende teeltmaatregelen geïdentificeerd worden.

3.2. WP2: Studie van de kiemingsbiologie en langlevendheid van *Galinsoga* populaties

3.2.1. Zaadproductie in isoleerkooien

Er werden in 41 groentenpercelen knopkruiden aangetroffen (Tabel 2). Van elk perceel met minstens 3 knopkruiden in de zaadbank werd een knopkruidpopulatie gevormd (populatiennaam=het perceelsnummer). Idealiter bestond deze populatie uit 20 planten (bekomen uit de zaadbankanalyse) van dezelfde knopkruidsoort. Voor percelen met een gemengde knopkruidpopulatie werd enkel de dominante knopkruidsoort vermeerderd. Bij percelen (4 en 32) met evenwaardige aanwezigheid van kaal en harig knopkruid werden twee subpopulaties gevormd nl. een met kaal knopkruid en een met harig knopkruid (respectievelijk 4b en 4a, en 32b en 32a). Voor zaadvermeerdering werd iedere aldus bekomen knopkruidpopulatie geplant in vollegrond op antiworteldoek en omgeven door een insecten- en pollendichte gaasfolie, dit om kruisbestuiving met andere knopkruidpopulaties uit te sluiten. Elke knopkruidpopulatie werd dagelijks gecontroleerd op aanwezigheid van afgerijpte hoofdjes (=hoofdjes met uitstaande pappusharen). Rijpe hoofdjes werden telkens verzameld. Na afloop werden alle geoogste hoofdjes per populatie samengevoegd, uitgewreven en geschoond. Van elke herkomst werd bovendien het duizendkorrelgewicht bepaald.

Tabel 2: Aandeel harig (GASCI) en kaal knopkruid (GASPA) [aantal op 20 planten (bij meer dan 20 knopkruiden in de zaadbank) of aantal op totaal aantal getelde knopkruiden in de zaadbank (bij minder dan 20 knopkruiden in de zaadbank)] in de zaadbank van de bemonsterde groentenpercelen. Onderlijnde nummers zijn herkomsten welke vermeerderd werden in isoleerkooien.

Perceel	GASCI	GASPA	Totaal	Populatie	GASCI	GASPA	Totaal
<u>4</u>	10	10	20	<u>29</u>	1	19	20
<u>5</u>	3	1	4	<u>30</u>	0	0	0
<u>6</u>	20	0	20	<u>31</u>	0	0	0
<u>7</u>	15	5	20	<u>32</u>	9	10	19
<u>8</u>	19	1	20	<u>33</u>	14	1	15
<u>9</u>	3	0	3	<u>34</u>	20	0	20
<u>10</u>	16	0	16	<u>35</u>	20	0	20
<u>11</u>	20	0	20	<u>36</u>	10	1	11
<u>12</u>	16	4	20	<u>37</u>	13	0	13
<u>13</u>	4	16	20	<u>38</u>	13	2	15
<u>14</u>	20	0	20	<u>39</u>	0	0	0
<u>15</u>	17	3	20	<u>40</u>	19	1	20
<u>16</u>	20	0	20	<u>41</u>	20	0	20
<u>17</u>	12	7	19	<u>42</u>	3	0	3
<u>18</u>	1	0	1	<u>43</u>	0	0	0
<u>19</u>	0	0	0	<u>44</u>	0	0	0
<u>20</u>	20	0	20	<u>45</u>	5	0	5
<u>21</u>	18	0	18	<u>46</u>	1	18	19
<u>22</u>	18	2	20	<u>47</u>	0	20	20
<u>23</u>	20	0	20	<u>48</u>	15	5	20
<u>24</u>	6	14	20	<u>49</u>	20	0	20
<u>25</u>	12	7	19	<u>50</u>	0	0	0
<u>26</u>	9	0	9	<u>51</u>	7	13	20
<u>27</u>	2	0	2	<u>52</u>	0	0	0
<u>28</u>	3	9	12	<u>53</u>	0	0	0

3.2.2. Kiemproeven (experiment 2.1)

De kiemprouven werden uitgevoerd gebruikmakend van geschoonde, vers geogoste knopkruidzaden bekomen uit de zaadproductiekooien. De kiemkracht van 40 verschillende *Galinsoga*-populaties (Tabel 2) werd bepaald bij 4 verschillende temperatuursregimes met wisseltemperaturen (35/30°C, 25/20°C, 15/10°C, 10/6°C) en twee lichtcondities (alternerend licht versus continu donker) gebruikmakend van de “top of paper” (TP)-kiemmethode. Hiertoe werden 5 kiemtesten verricht, nl. één per getest temperatuur/licht kiemregime. De volgende vijf dag/nacht kiemregimes werden getest (4 met alternerend licht, 1 in volledige duisternis) (tussen haakjes de experimentele periode): 35/30°C& 16u licht/8u donker (19 juli – 8 augustus), 25/20°C& 16u licht/8u donker (9 augustus – 29 augustus), 15/10°C& 16u licht/8u donker (30 augustus – 19 september), 10/6°C& 16u licht/8u donker (20 september – 10 oktober) en 25/20°C& 24u donker (11 oktober – 31 oktober). Per kiemtest werd per

populatie een filtreerpapier met 50 zaden op de **Kopenhagen-kiemtafel** gelegd en dit in 4 herhalingen. Ieder filtreerpapier met 50 zaden werd afgedekt met een transparant glazen klokje. De in alternerend licht gekiemde zaden werden wekelijks geteld en verwijderd gedurende een screeningsperiode van 21 dagen. De in continu donker gekiemde zaden werden eenmalig geregistreerd 21 dagen na installatie van de kiemtest dit om lichttoetreding tot de zaden tot een minimum te beperken.

Statistische analyse. Alle kiemingsgegevens werden uitgedrukt als kiemingspercentages. Vervolgens werd de normaliteit en homoscedasticiteit in R nagegaan aan de hand van een Levene test en een QQ-plot van de residuen. Wanneer geen normaliteit van de data werd vastgesteld, werd deze data getransformeerd met een Box-Cox of boogsinus functie. Hierna werd met behulp van een 2-weganova met factoren herkomst en regime nagegaan of er interactie was tussen kiemregime en herkomst. Om na te gaan welk kiemregime optimaal was, werd getest op significantieverschillen tussen temperatuursregimes en dit binnen iedere herkomst afzonderlijk. Hiertoe werd de Tukey HSD test (in geval van homoscedasticiteit) of de Bonferroni test (geen homoscedasticiteit) gebruikt. Om na te gaan of kieming afhankelijk is van licht werd een 1-weganova met factor lichtregime (16 licht, continue duisternis) uitgevoerd binnen iedere herkomst.

3.2.3. Diepte-opkomstproef (experiment 2.2)

Voor 40 knopkruidpopulaties werd de zaaidiepte-opkomst relatie bepaald in een gerandomiseerde blokkenproef in 4 parallellen. Dit verband werd onderzocht voor twee kiemsubstraten met name gestoomd humeus zand (afkomstig van moestuin uit Heusden, 84% zand) en zandleem (afkomstig van de Proefhoeve te Melle, 38% zand). Iedere *Galinsoga*-herkomst werd gezaaid op 5 verschillende dieptes (0, 2, 4, 8, 16 mm) in ronde plasticen potjes (diameter 9.5cm, hoogte 7cm). De zaden (25 zaden per potje) werden homogeen verspreid over het gehele oppervlak en vervolgens uniform afgedekt met gezeefd (zeef van 2mm) substraat en licht aangedrukt. De diepte-opkomstproef werd uitgevoerd in een plastic serre onder niet-gecontroleerde klimaatomstandigheden, voorzien van sprinklerberegening (dagelijkse watergift=3.6mmverdeeld over 3 beurten per etmaal nl. om 8 uur, 16 uur en 20 uur). De opgekomen kiemplantjes werden gedurende 50 dagen wekelijks geteld en afgeknipt (ter voorkoming van lichtuitdoving aan het bodemoppervlak). De maximale kiemingsdiepte werd bereikt als de opkomst < 1.5% was.

Statistische analyse. Alle opkomstgegevens werden uitgedrukt als opkomstpercentages. Vervolgens werd de normaliteit en homoscedasticiteit in R nagegaan aan de hand van een Levene test en een QQ-plot van de residuen. Wanneer geen normaliteit van de data werd vastgesteld, werd deze data getransformeerd met een Box-Cox of boogsinus functie. Vervolgens werd een drie weg anova met factoren herkomst, bodemsubstraat en begraafdiepte uitgevoerd. Indien er interacties werden waargenomen, werd de dataset gesplitst waarna met 1 weg anova en Tukey HSD test (in geval van homoscedasticiteit)of

niet-parametrische test gevolgd door Bonferroni test (geen homoscedasticiteit) significantieverschillen tussen begraafdieptes bepaald werden hetzij binnen herkomst, hetzij binnen soorten.

3.2.4. Accelerated ageing proef (experiment 2.3)

Voor de bepaling van de zaadpersistentie van de knopkruidpopulaties werd een accelerated ageing test uitgevoerd gebruikmakend van geschoonde vers geogoste knopkruidzaden bekomen uit de zaadproductiekooien. Accelerated ageing (AA) is een techniek die gebruikt wordt om het verouderingsproces van zaden in de bodem te simuleren onder labo-omstandigheden (Long et al., 2008). Hierbij worden zaden blootgesteld aan een hoge temperatuur (45°C) gecombineerd met een hoge relatieve vochtigheid (100%). Hierdoor is het mogelijk om de kieming te simuleren van zaden die reeds langere tijd in de bodem verbleven.

Voor de AA-test werd gebruik gemaakt van een incubator (Model 1535, SHAL LAB, Sheldon Manufacturing, Inc., Cornelius). De temperatuur van deze incubator werd constant gehouden op 45°C. Op een vlieggaas, gespannen met een elastiek over een 1cm dikke ring van kunststof (Ø 85mm) werden telkens 210 zaden gelegd. Elk gaasje werd in een plastieken bakje geplaatst met 100ml kraantjeswater om te voldoen aan de 100% relatieve vochtigheid. De zaden maakten geen rechtstreeks contact met het water. In de incubator werd een bak met water geplaatst, deze werd bijgevuld tijdens de duurtijd van de proef, zodat de luchtvochtigheid in de incubator steeds 100% bedroeg. Zaden van 40 verschillende knopkruidpopulaties (Tabel 2: Aandeel harig (GASCI) en kaal knopkruid (GASPA) [aantal op 20 planten (bij meer dan 20 knopkruiden in de zaadbank) of aantal op totaal aantal getelde knopkruiden in de zaadbank (bij minder dan 20 knopkruiden in de zaadbank)] in de zaadbank van de bemonsterde groentenpercelen. Onderlijnde nummers zijn herkomsten welke vermeerderd werden in isoleerkooien.), waarvan 10 *G. parviflora* en 30 *G. quadriradiata*, verbleven gedurende 0, 1 (24 augustus), 2 (23 augustus), 4 (21 augustus) en 8 (17 augustus) dagen in de incubator. Na verblijf in de incubator werd de kiemkracht bepaald in petrischalen voorzien van filtreerpapier. Het betrof een blokkenproef in 2 parallellen (100 zaden per parallel) en twee onafhankelijke factoren, nl. herkomst (40 herkomsten) en verblijfsduur (5 duren). Het heersend kiemregime (dag/nacht) was 25/20°C & 16u licht/8u donker. Kieming werd wekelijks gescreend gedurende een screeningsperiode van 30 dagen na installatie op 25 augustus 2017. Alleen gekiemde zaden met gestrekte kiembladen werden geteld en verwijderd. Niet gekiemde zaden werden vervolgens blootgesteld aan een tetrazoliumtest ter bepaling van hun vitaliteit. Hiertoe werden de niet gekiemde zaden overlans doorgesneden met een scheermesje waarna het embryo in het donker gedurende 4u blootgesteld werd aan een 1% 2,3,5-trifenylnitroimidazoliumchlorideoplossing. Enkel embryo's met een volledig egale roze tot donkerrode kleur werden als „vitaal” beoordeeld.

Statistische analyse. De data (% levende zaden; zowel gekiemde als dormante zaden) werden onderworpen aan een niet-lineair regressie model (Weibull-model met drie parameters), gebruik makend van drc-programma (Knezevic *et al.*, 2007) in R waaruit per populatie de persistentie-indicatoren (P50 en P90) berekend werden. Deze persistentie-indices zijn goede maten voor de persistentie van zaden in de bodem (Hampton & TeKrony, 1995; Long et al., 2008). Deze worden gedefinieerd als het aantal dagen verblijf bij 45°C en 100% RV, waarbij respectievelijk 50% en 90% van de zaden hun vitaliteit verliest. Om na te gaan of de P-indices significant beïnvloed werden door de knopkruidsoort werden deze data resp. onderworpen aan 1-weg Anova met knopkruidsoort als onafhankelijke factor gevolgd door de Tukey HSD test. Verschillen in P-indices tussen herkomsten werden geanalyseerd gebruik makend van in R berekende selectiviteitsindices (SI) (de verhouding tussen P waarde ene herkomst en P-waarde andere herkomst) met bijhorende p-waarden.

3.2.5. *Link tussen kiemingsbiologie en gewas/bodembeheer*

Aan de hand van berekening van correlaties tussen kiemingsbiologie gerelateerde parameters enerzijds en bodemkenmerken en perceelshistoriek gerelateerde parameters anderzijds werd onderzocht of er een verband bestond tussen kiemingsbiologie en gevoerde gewas- en bodembeheer.

3.3. WP3: Optimalisatie van knopkruidreducerende technieken

3.3.1. *Vals zaaibed proef in wortelruggen (experiment 3.1)*

In experiment 3.1 werd de impact nagegaan van een vals zaaibed op de opkomst en de oppervlakkige zaadbank van *Galinsoga* spp. in een wortelruggenteelt. In deze proef werd de impact van mechanische en thermische vals zaaibedbehandelingen geëvalueerd a.d.h.v. een gerandomiseerde blokkenproef met 7 objecten (Tabel 3) en 4 parallellen per object (locatie Beitem-Inagro). Objecten 1 en 2 werden gedurende de vals zaaibedperiode mechanisch bewerkt met een strokenrolschoffel (met 4 elementen waarbij elk element bestaat uit 2 rollen en 2 schuine plaatmessen die door hun positie overlappend werken). Objecten 3 en 4 werden thermisch behandeld m.b.v. een stootbrander (*Vanhoucke agricultural machinery*). Bij objecten 1 & 3 en 2 & 4 vonden er resp. 2 & 4 mechanische of thermische vals zaaibedbehandelingen plaats. Object 5 combineerde mechanische en thermische technieken. Object 6 kent telkens een dubbele mechanische behandeling (in tegengestelde rijrichting) met een tussenpauze van 15 min. Object 7 bestond uit een onbehandelde controle die kort voor zaaien 5 cm diep afgeschraapt werd. Na afloop van het vals zaaibed werden wortelen ingezaaid. Kort voor opkomst van de wortelen werden alle plots gebrand.

De blokkenproef bestond uit 28 verschillende plots met een bruto lengte van 20 m en breedte van 3 m (4 ruggen)). In de centrale 9 m x 3 m zone (netto plot – meetzone) werden veldtellingen en zaadbankanalyses uitgevoerd. De **veldtellingen**, ter bepaling van het aantal

opgekomen *Galinsoga* spp., gebeurden voor (5/05), tijdens (nl. net voor iedere vals zaaibed bewerking, Tabel 3) en na het vals zaaibed (2/06, 30/06 en 27/07). Hiertoe werden 16 telkadertjes (0.40 m x 0.15 m) neergelegd in de centrale meetzone.

Ter evaluatie van de oppervlakkige (0-5 cm) zaadbankdepletie a.g.v. de vals zaaibed behandelingen werden **zaadbankanalyses** verricht op bodemmonsters genomen voor en na vals zaaibed. Hiertoe werden in elke plot op twee momenten bodemstalen genomen nl. voor de aanvang van de vals zaaibedbewerkingen (21/04/17) en na de laatste vals zaaibed bewerking net na het vooropkomst branden (06/06/17). Per plot werden met een grondboor 20 bodemstalen (bemonsteringsdiepte=5 cm) genomen in de centrale meetzone. Deze monsters werden gemengd tot een mengmonster en tijdelijk bewaard bij 1-2°C. De bepaling van de zaadbankgrootte gebeurde volgens de zaailing-opkomstmethode na bulkreductie van het mengmonster. Ieder mengmonster werd gespoeld op een zeef van 200 µm waarna het achtergebleven residu uitgezaaid werd op een zaden vrij substraat en vervolgens licht afgedekt werd. Kiemende onkruiden werden wekelijks gedetermineerd, geteld en verwijderd. Kieming werd gedurende 6 maanden opgevolgd om de zaadbankgrootte precies in te schatten.

Tabel 3: Overzicht van de verschillende objecten, data aanleg vals zaaibed in experiment 3.1. Vals zaaibed bewerkingen: rolschoffelen (R) & branden (Br).

Vals zaaibed behandeling	Installatie	Vals zaaibed bewerkingen ¹				Zaai wortelen	Vooropkomst branden
	vals zaaibed (ruggen)	T-4	T-3	T-2	T-1	T0	T1
	11/04/2017	5/5/2017	10/5/2017	16/5/2017	24/5/2017	24/5/2017	2/6/2017
1: Rolschoffelen extensief	x		R		R	x	x
2: Rolschoffelen intensief	x	R	R	R	R	x	x
3: Branden extensief	x		Br		Br	x	x
4: Branden intensief	x	Br	Br	Br	Br	x	x
5: Rolschoffelen/branden extensief	x		R		Br	x	x
6: Rolschoffelen fel extensief	x		2 x R ²		2 x R ²	x	x
7: Controle	x					x ³	x

¹ Br = branden (80 l propaan/ha, 1 km/u), R = rolschoffelen (1 cm diep, 5 km/u)

² 15 minuten tussenpauze tussen beiden schoffelbeurten

³ Voorafgaand aan zaai werd 5-6 cm van de rug afgeschrapt met kolenschoffel

3.3.2. Invloed van schoffeldiepte op zaadbankdepletie en knopkruidopkomst (experiment 3.2)

In dit experiment werd de impact van de schoffeldiepte nagegaan op de oppervlakkige zaadbankdepletie (0 – 5 cm) en opkomst van *Galinsoga* spp. tijdens en na de vals zaaibed periode. Eveneens werd de impact van een gecombineerde mechanische behandeling (rolschoffel + wiedege) vergeleken met enkel rolschoffelen. Hiertoe werd een veldproef (vlakvelds, zonder teelt) (locatie Beitem-Inagro) geïnstalleerd onder de vorm van een gerandomiseerde blokkenproef met 9 objecten en 4 parallellen per object (Tabel 4). De vals

zaaibedbehandelingen bij objecten 1 – 4 gebeurden mechanisch (rolschoffelen) op een diepte van resp. 1, 2, 3 en 4 cm. Bij objecten 5 – 8 vond een gecombineerde mechanische behandeling plaats, nl. rolschoffelen op een diepte van resp. 1, 2, 3 en 4 cm onmiddellijk gevolgd door een oppervlakkige bewerking met de wiedeg (1 – 1.5 cm). Object 9 bestond uit een onbehandelde controle.

De gerandomiseerde blokkenproef bestond uit 36 verschillende plots met een bruto lengte van 15 m en breedte van 0.75 m (=breedte van één schoffelelement). Enkel in de middelste 9 m (netto plot – meetzone= 9m x 0.3m) werden veldtellingen en zaadbankanalyses uitgevoerd.

De veldtellingen van *Galinsoga* spp. gebeurden in 16 telkadertjes (0.40 m x 0.15 m). Tellingen werden uitgevoerd voor elke vals zaaibed bewerking (zie datums in Tabel 4) en na vals zaaibed (29/8, 5/9, 14/9, 21/9). Bodemstalen vereist voor bepaling van de zaadbank werden genomen voor de eerste vals zaaibedbewerking (06/07/17) en na de laatste vals zaaibedbewerking (25/08/17). Telkens werden 18 bodemstalen genomen per plot. Deze stalen werden vervolgens behandeld volgens het protocol uit experiment 3.1.

Tabel 4 : Overzicht van de verschillende objecten, data aanleg van vals zaaibed in experiment 3.2. Vals zaaibed bewerkingen: Rolschoffelen ingesteld op een bewerkingsdiepte van 'x' cm (Rx) & wiedeggen (W).

Vals zaaibed behandeling	Installatie vals zaaibed	Vals zaaibedbewerkingen ¹				
		T1	T2	T3	T4	T5
	2/7/2017	17/7/2017	26/7/2017	6/8/2017	15/8/2017	22/8/2017
1: Rolschoffelen (1 cm diep)	x	R1	R1	R1	R1	R1
2: Rolschoffelen (2 cm diep)	x	R2	R2	R2	R2	R2
3: Rolschoffelen (3 cm diep)	x	R3	R3	R3	R3	R3
4: Rolschoffelen (4 cm diep)	x	R4	R4	R4	R4	R4
5: Rolschoffelen (1 cm diep) + wiedeggen	x	R1+W	R1+W	R1+W	R1+W	R1+W
6: Rolschoffelen (2 cm diep) + wiedeggen	x	R2+W	R2+W	R2+W	R2+W	R2+W
7: Rolschoffelen (3 cm diep) + wiedeggen	x	R3+W	R3+W	R3+W	R3+W	R3+W
8: Rolschoffelen (4 cm diep) + wiedeggen	x	R4+W	R4+W	R4+W	R4+W	R4+W
9: Controle	x	-	-	-	Wegknippen ²	Handbranden ²

¹W = wiedeggen (1-1.5 cm diep, 3 km/u)

R1, R2, R3 en R4 = rolschoffelen resp. 1, 2, 3 en 4 cm diep (3 km/u)

²Verricht om uitzaaiing knopkruid te voorkomen

3.3.3. Invloed van bewerkingstuig en -diepte op zaadbankdepletie en knopkruidopkomst (experiment 3.3)

In experiment 3.3 werd de impact van bewerkingstuig (twee bodemversturende tuigen met name de rolschoffel en de wiedeg, en een niet bodemversturende techniek met name de brander) en bewerkingsdiepte (diep, ondiep) geëvalueerd naar oppervlakkige zaadbankdepletie (0 – 5 cm) en opkomstreductie van *Galinsoga* spp. tijdens en na het vals

zaaibed. Eveneens werd het effect van een dubbele rolschoffelbewerking op 2 verschillende bewerksdieptes (2x diep of 2x ondiep) nagegaan.

Hiertoe werd een veldproef (vlakvelds, zonder teelt) opgezet (locatie Beitem-Inagro) onder de vorm van een blokkenproef met 8 objecten en 4 parallellen per object (Tabel 5). Bij objecten 1 en 2 werd tijdens het vals zaaibed resp. diep (4 cm) en ondiep (2 cm) gerolschoffeld met een volleveldsrolschoffel (Vanhoucke agricultural machinery (type: VKR1500 – 560 kg, bouwjaar 2016)). Het rolschoffelen bij objecten 3 en 4 gebeurde eveneens resp. op 4 cm en 2 cm, maar de bewerking werd 2x (korte tussenpauze van 15 min) uitgevoerd in dezelfde rijrichting. Objecten 5 en 6 werden bewerkt met de wiedeg (Treffler), resp. op 3 – 3.5 cm en 1 – 1.5 cm. Bij object 7 gebeurden de behandelingen thermisch met een vollevelds stootbrander (Vanhoucke agricultural machinery (type: T.H.BR.15 – 540 kg, bouwjaar 2002)). Object 8 bestond uit een onbehandelde controle (Tabel 5). De gerandomiseerde blokkenproef bestond uit 32 verschillende plots met een bruto lengte van 15 m en breedte van 1.5 m. Enkel in de centrale 9 m x 0.9 m zone (netto plot – meetzone) werden veldtellingen en zaadbankanalyses uitgevoerd. De veldtellingen van *Galinsoga* spp. gebeurden in 16 telkadertjes (0.40 m x 0.15 m). Tellingen werden uitgevoerd voor elke vals zaaibed bewerking (zie datums in Tabel 5) en na vals zaaibed (29/8, 5/9, 14/9, 21/9, 7/10). Bodemstalen vereist voor bepaling van de zaadbank werden genomen voor de eerste vals zaaibedbewerking (06/07/17) en na de laatste vals zaaibedbewerking (25/08/17). Telkens werden 18 bodemstalen genomen per plot. Deze stalen werden vervolgens behandeld volgens het protocol uit experiment 3.1.

Tabel 5: Overzicht van de verschillende objecten in experiment 3.3 en data aanleg van vals zaaibed. Vals zaaibed bewerkingen: Rd = diep rolschoffelen, Ro = ondiep rolschoffelen, Wd = diep wiedeggen, Wo = ondiep wiedeggen, Br = Branden.

Vals zaaibed behandeling	Installatie	Vals zaaibed bewerkingen ¹				
	vals zaaibed	T1	T2	T3	T4	T5
	2/7/2017	17/07/2017	26/7/2017	7/8/2017	16/8/2017	23/8/2017
1: Rolschoffen diep	x	Rd	Rd	Rd	Rd	Rd
2: Rolschoffelen ondiep	x	Ro	Ro	Ro	Ro	Ro
3: Rolschoffelen fel diep	x	2 x Rd	2 x Rd	2 x Rd	2 x Rd	2 x Rd
4: Rolschoffelen fel ondiep	x	2 x Ro	2 x Ro	2 x Ro	2 x Ro	2 x Ro
5: Wiedeggen diep	x	Wd	Wd	Wd	Wd	Wd
6: Wiedeggen ondiep	x	Wo	Wo	Wo	Wo	Wo
7: Branden	x	Br	Br	Br	Br	Br
8: Controle	x	-	-	-	Br ²	-

¹ Rd=Rolschoffelen diep (4 cm, 3 km/u); Ro = Rolschoffelen ondiep (2 cm, 3 km/h); Wd= Wiedeggen diep (3 – 3.5 cm, 3 km/u); Wo= Wiedeggen ondiep (1 – 1.5 cm, 3 km/u); Br=Branden (300 l propaan/ha, 180°C, 1.2 km/u).

² ter voorkoming van uitzaaiing knopkruid

4. Resultaten en discussie

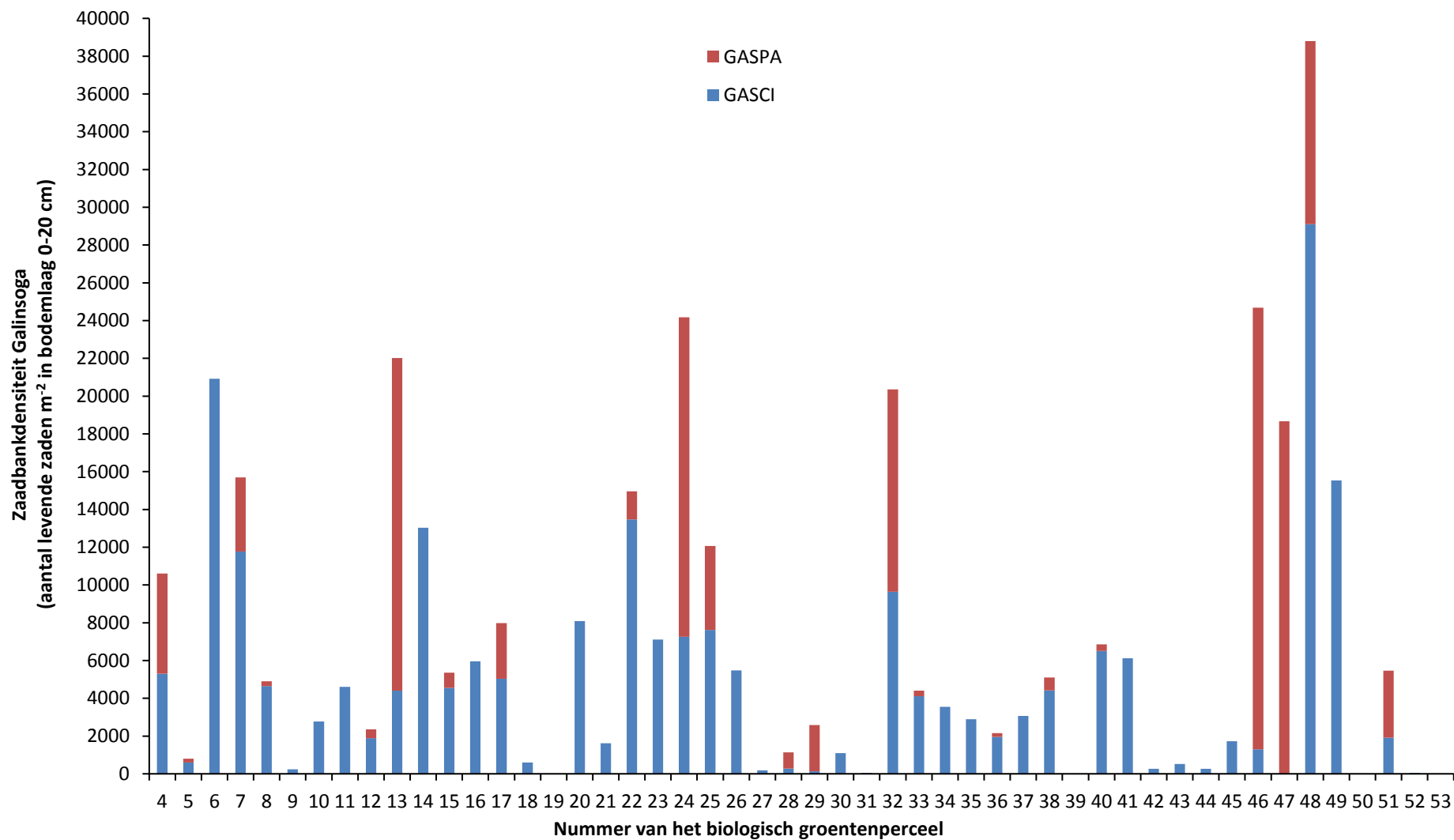
4.1. WP1: Inventarisatie van grootte van de knopkruidzaadbank in biologisch beheerde groentenpercelen en associatie met gevoerde teeltsystemen

4.1.1. Zaadbankdensiteit knopkruid

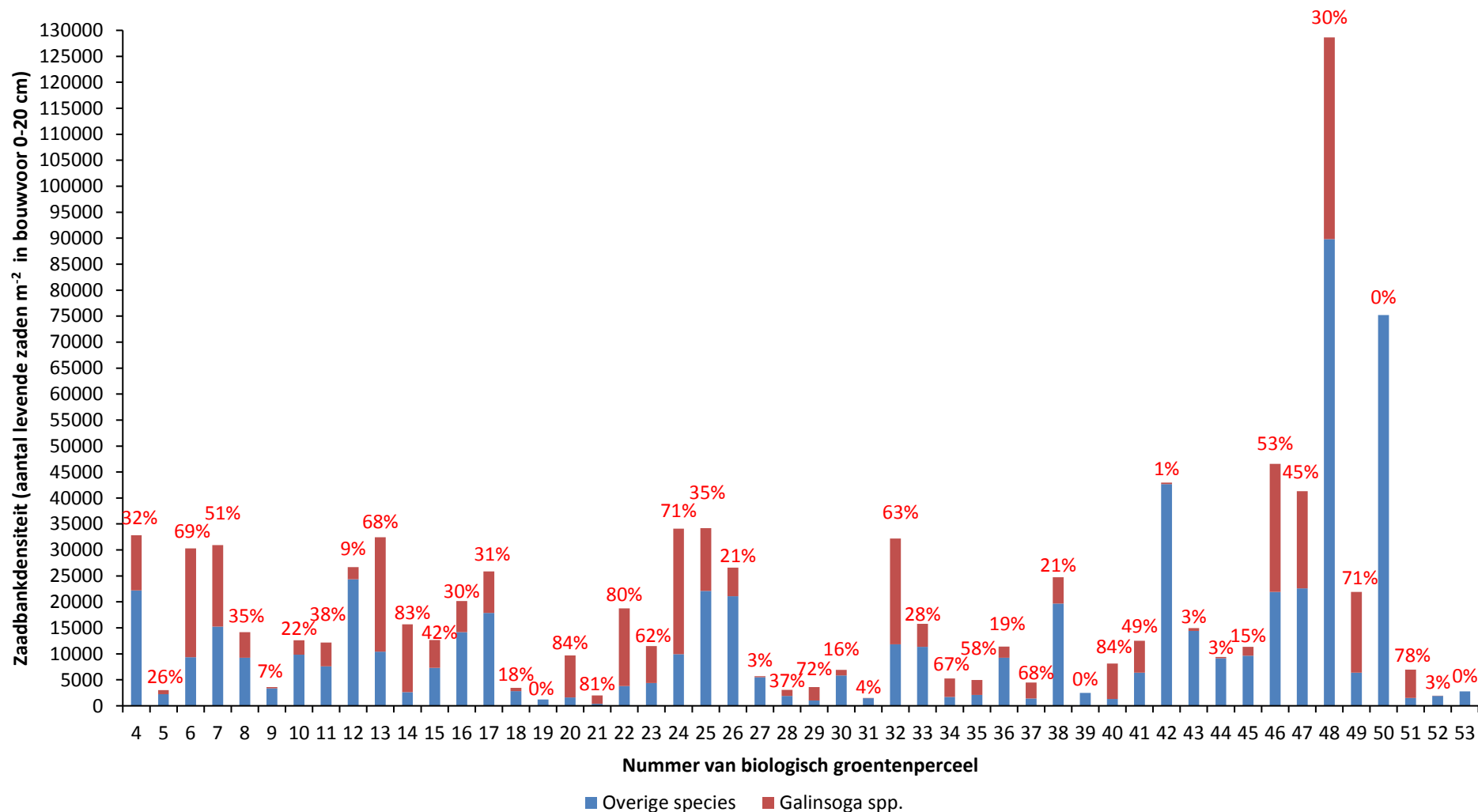
De zaadvoorraad (aantal levende zaden m^{-2} aanwezig in de bodemlaag 0-20 cm) aan *Galinsoga* zaden was uitgesproken perceelsafhankelijk en fluctueerde tussen 0 en 38.800 zaden m^{-2} . De gemiddelde zaadbankgrootte ($\pm SE$) over 50 groentenpercelen bedroeg 7.136 ± 1.186 zaden m^{-2} . Slechts vier van de 50 groentenpercelen waren vrij van *Galinsoga* zaden.

Galinsoga quadriradiata was de meest frequent voorkomende soort; ze kwam voor op 45 van de 50 bemonsterde groentenpercelen waarvan 21 percelen in menging met *G. parviflora* (Figuur 2). *Galinsoga parviflora* werd gedetecteerd in 22 van de 50 bemonsterde groentenpercelen waarvan slechts 1 perceel in zuivere vorm. Op de percelen met gemengde *Galinsoga* populaties (21 in totaal) was *G. parviflora* slechts op 7 van de 21 percelen de dominante *Galinsoga* soort. Algemeen gesteld kwam *G. parviflora* dus minder frequent en minder abundant voor dan *G. quadriradiata*.

Het aandeel *Galinsoga* zaden in de totale zaadvoorraad varieerde tussen 0 en 84%, afhankelijk van het bemonsterde perceel (Figuur 3). Het gemiddelde *Galinsoga* aandeel in de totale zaadvoorraad bedroeg $38 \pm 4\%$. Bovendien was er geen correlatie tussen het *Galinsoga* aandeel en de totale zaadbankdensiteit ($r=0.02$, $P>0.05$). Er was wel een sterke correlatie tussen de *Galinsoga* densiteit en de totale zaadbankdensiteit ($r=0.70$, $P<0.01$) m.a.w. percelen met grote totale zaadvoorraad hadden doorgaans grote aantallen *Galinsoga* zaden.



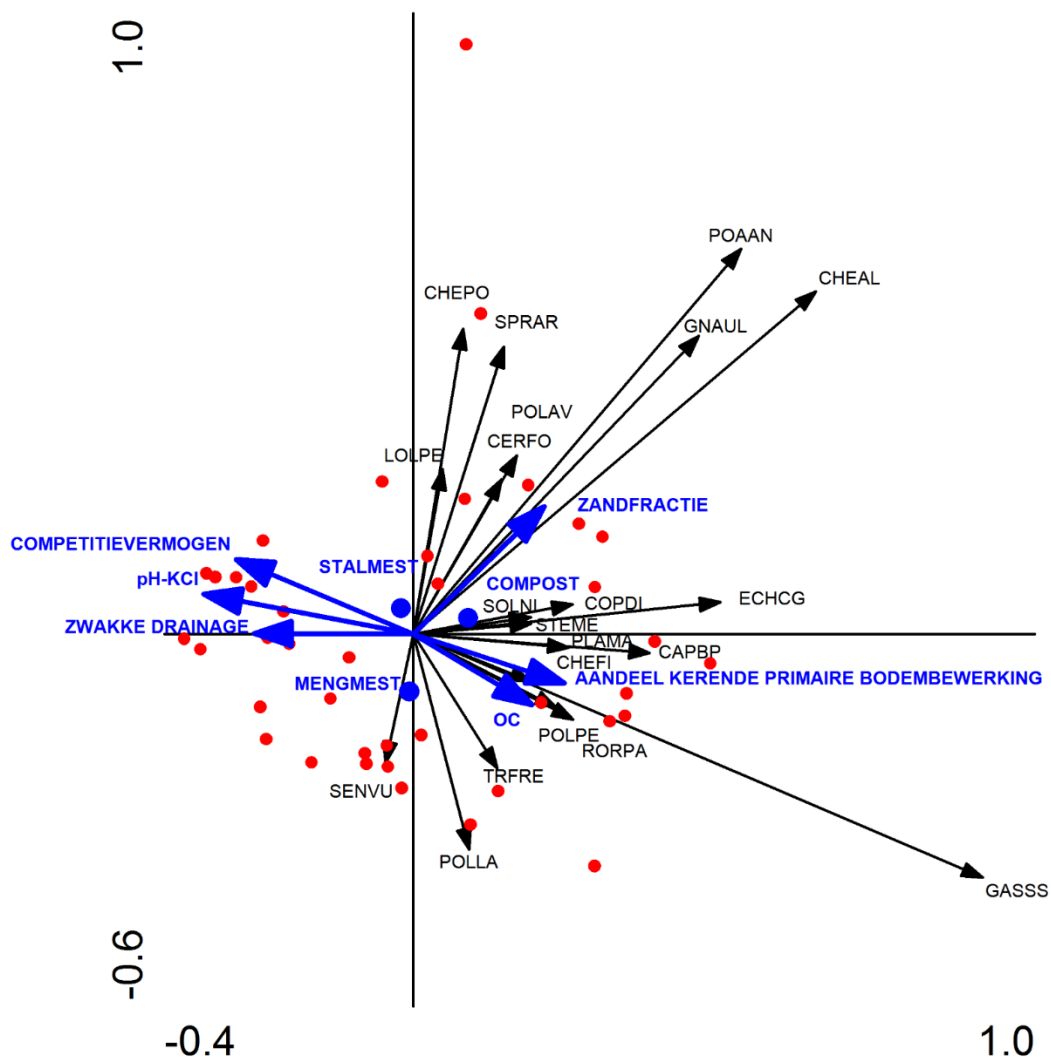
Figuur 2: Densiteit aan *Galinsoga* zaden in de bodemlaag 0-20 cm op 50 biologische groentenpercelen in het voorjaar 2017. Stapeldiagram met *G. quadriradiata* (GASCI) en *G. parviflora* (GASPA).



Figuur 3: Totale densiteit aan onkruidzaden in de bodemlaag 0-20 cm op 50 biologische groentenpercelen in het voorjaar 2017. Percentages geven het aandeel (%) van *Galinsoga* zaden in de totale zaadbank.

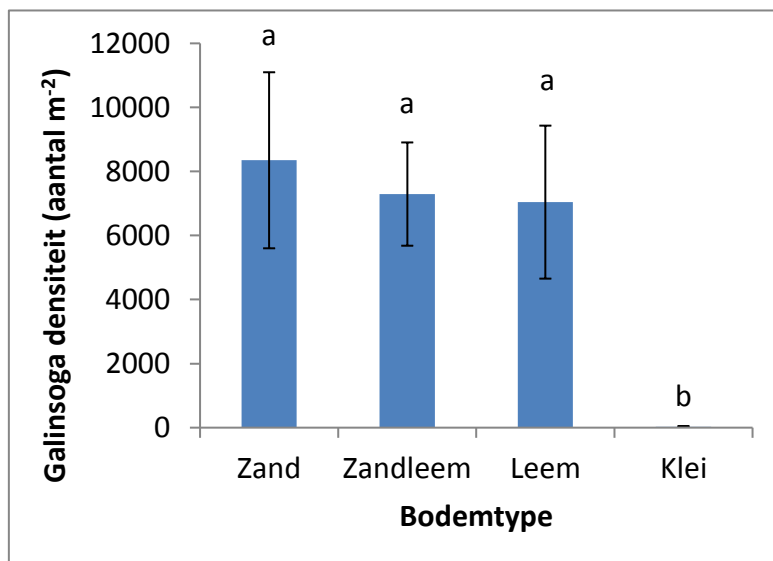
4.1.2. *Link tussen zaadbankgrootte en perceelshistoriek*

Figuur 4 geeft de relaties tussen de zaadbankdensiteiten van onkruidsoorten en omgevingsvariabelen op basis van 42 biologische groentenpercelen. Hieruit blijkt dat de zaadbankdensiteit van *Galinsoga* positief gecorreleerd is aan het aandeel kerende bewerkingen (over een periode van 5 opeenvolgende jaren), het organisch koolstofgehalte en de zandfractie (%) maar negatief gecorreleerd is met de pH-KCl, zwakke drainage en competitievermogen over het knopkruidseizoen (15/04 t.e.m. 15/11). Hierna worden individuele factoren naderbij bekeken.



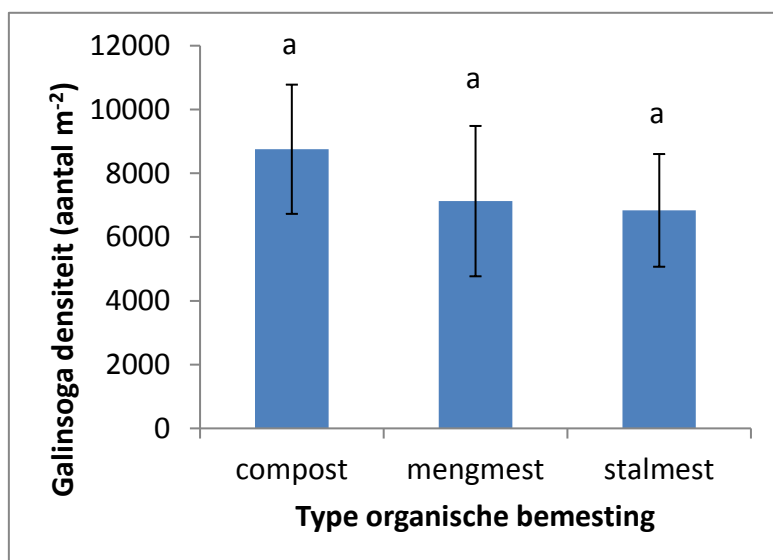
Figuur 4: Soorten - milieuv variabelen biplot (Principale componentenanalyse) (beide PCA componenten verklaren 61% van de variantie). Onkruidsoorten en numerieke milieuv variabelen worden weergegeven door een pijl, nominale milieuv variabelen worden door een blauw punt weergegeven. De pijlen van de soorten wijzen in de richting van de maximale variatie in de zaadbankdensiteit van de soort. De pijlen van de milieuv variabelen wijzen in de richting van de maximale verandering van de milieuv variabele in het diagram. Lange pijlen zijn beter gerelateerd aan het patroon van variatie in soortensamenstelling van het ordinatiedagram. Enkel de belangrijkste verklarende milieuv variabelen zijn weergegeven. Rode stippen geven de bemonsterde groentenpercelen. GASSS, *Galinsoga spp.*; SENVU, *Senecio vulgaris*; POLLA, *Polygonum lapathifolium*; TRFRE, *Trifolium repens*; POLPE, *Polygonum persicaria*; RORPA, *Rorippa sylvestris*; CHEFI, *Chenopodium ficifolium*, PLAMA, *Plantago major*; CAPBP, *Capsella bursa-pastoris*; ECHCG, *Echinochloa crus-galli*; STEME, *Stellaria media*; COPDI, *Coronopus didymus*; SOLNI, *Solanum nigrum*; CHEAL, *Chenopodium album*; GNAUL, *Gnaphalium uliginosum*; POAAN, *Poa annua*; POLLAV, *Polygonum aviculare*, CERFO, *Cerastium fontanum*; SPRAR, *Spergula arvensis*; CHEPO, *Chenopodium polyspermum*; LOLPE, *Lolium perenne*.

Uit Figuur 5 blijkt dat de *Galinsoga* densiteit het hoogst is in zandgronden en het laagst in kleigronden. Er zijn evenwel geen significante verschillen in densiteit tussen zand-, zandleem- en leemgronden.



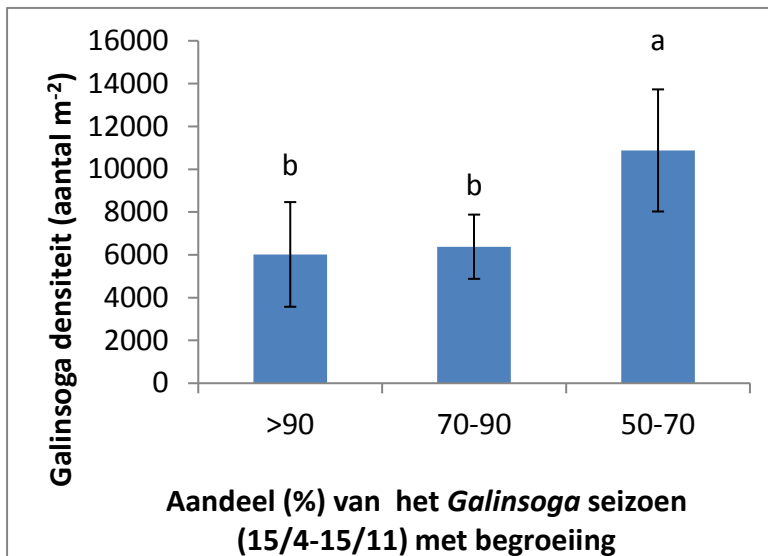
Figuur 5: *Galinsoga* zaadbankdensiteit (gemiddelde \pm SE) (toplaag 0-20 cm) in functie van bodemtype.

Uit Figuur 6 blijkt dat het type organische bemesting geen invloed heeft op de *Galinsoga* zaadbankdensiteit. Wel is de zaadbank rijker op percelen waar hoofdzakelijk met compost bemest wordt.



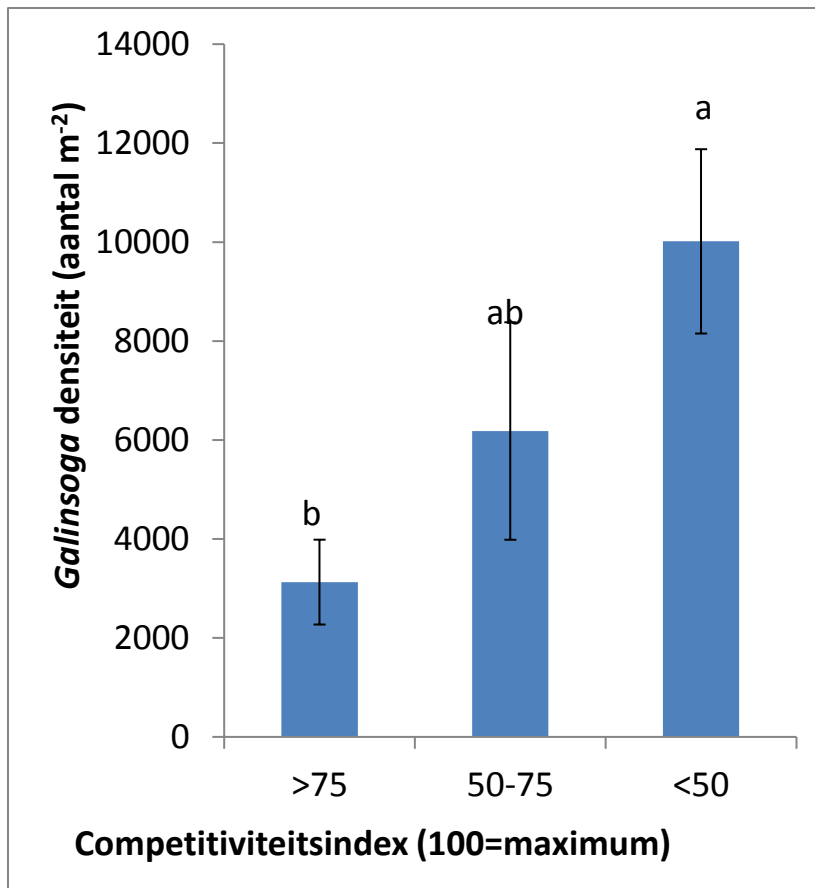
Figuur 6: *Galinsoga* zaadbankdensiteit (gemiddelde \pm SE) (toplaag 0-20 cm) in functie van de dominerende organische bemestingsvorm.

Uit Figuur 7 blijkt dat de zaadbankdensiteit significant kleiner is in percelen waarop het gewas minstens gedurende 70% van het *Galinsoga* seizoen (15/04-15/11) aanwezig is dan op percelen met geringere verblijfsduur.



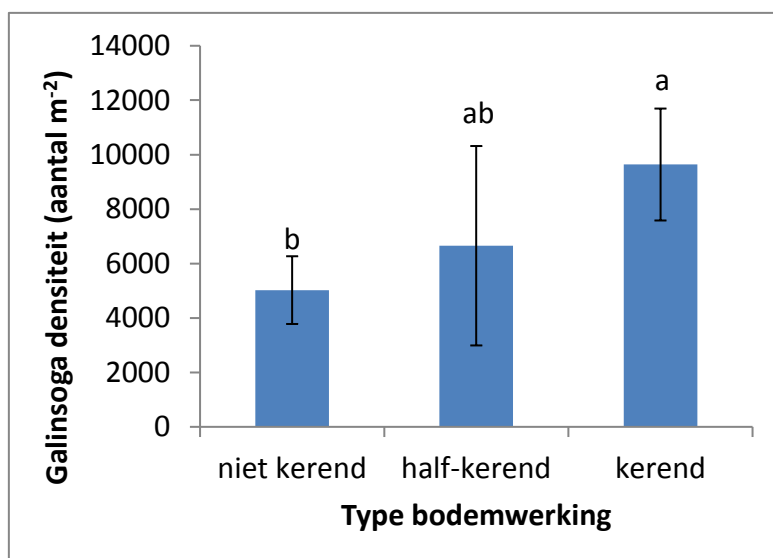
Figuur 7: *Galinsoga* zaadbankdensiteit (gemiddelde±SE) (toplaag 0-20 cm) in functie van het aandeel van het *Galinsoga* seizoen met aanwezigheid van een gewas.

De zaadbankdensiteit neemt bovendien lineair toe met toenemende competitiviteitsindex (Figuur 8). Deze index houdt rekening met de geteelde gewassen aanwezig tijdens het *Galinsoga* seizoen en hun competitief vermogen. Een competitiviteitsindex van 100% wil zeggen dat er gedurende het ganse *Galinsoga* seizoen een begroeiing aanwezig was en dat de begroeiing bovendien sterk knopkruid onderdrukkend was (competitief gewas). Competitieve gewassen waren bv. spruitkool, witte en rode kool, korrelmaïs, triticale, zomergerst, aardappel en gras-klaver. Niet-competitieve gewassen waren bv. wortelen, uien, prei, witloof, venkel, kervel, erwt. Afhankelijk van de competitiviteit van de gekozen gewassen kan eenzelfde aandeel bezetting door gewassen een verschillende competitiviteitsindex opleveren.



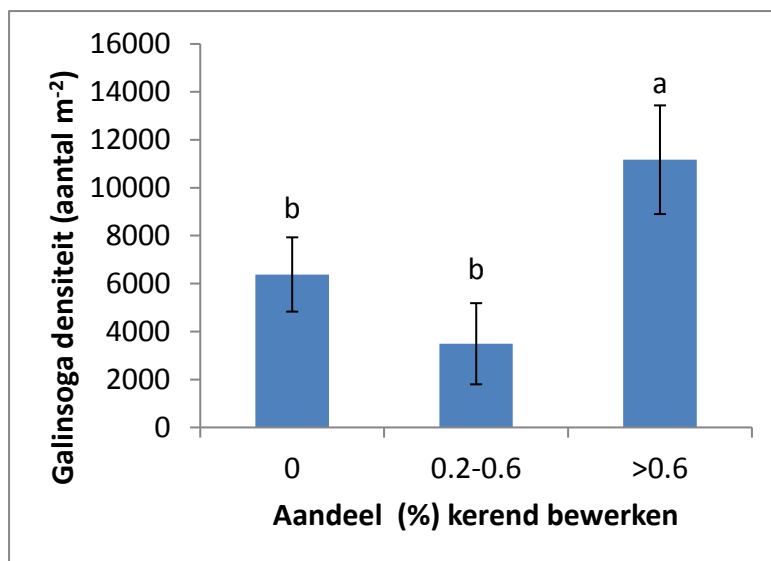
Figuur 8: *Galinsoga* zaadbankdensiteit (gemiddelde \pm SE) (toplaag 0-20 cm) in functie van de competitiviteitsindex.

Percelen met hoofdzakelijk niet kerende bodembewerking bezitten een significant lagere *Galinsoga* zaadbankdensiteit dan percelen welke hoofdzakelijk kerend bewerkt worden (Figuur 9). Percelen welke vooral half-kerend (bv. spitfrozen) bewerkt worden, nemen een tussenpositie in.



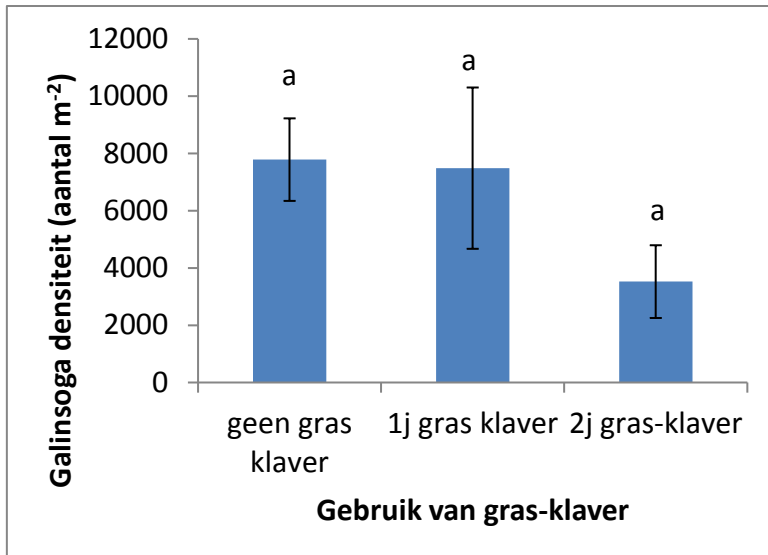
Figuur 9: *Galinsoga* zaadbankdensiteit (gemiddelde \pm SE) (toplaag 0-20 cm) in functie van het dominerende type van bodembewerking

De hoogste zaadbankdensiteiten worden aangetroffen in percelen welke frequent (nl. minstens 3 keer op 5 jaar) geploegd worden (Figuur 10). Het valt op dat het verband tussen de zaadbankdensiteit en het aandeel kerend bewerken niet lineair is. Immers de geringste zaadbankdensiteit werd aangetroffen op percelen welke sporadisch (1 tot 3 keer op 5 jaar) geploegd werden, gevolgd door percelen welke nooit geploegd werden. Het effect van ploegen op de zaadbankdensiteit van *Galinsoga* is dus afhankelijk van de frequentie van ploegen. Percelen met grote *Galinsoga* druk worden wellicht vaker geploegd dan percelen waar de *Galinsoga* druk onder controle is. Laatstgenoemde percelen blijven best niet kerend bewerkt zolang er zich geen grote *Galinsoga* problemen stellen.



Figuur 10: *Galinsoga* zaadbankdensiteit (gemiddelde±SE) (toplaag 0-20 cm) in functie van het aandeel kerend bewerken over een periode van 5 opeenvolgende jaren.

Percelen waar gedurende 2 opeenvolgende jaren gras-klover aanwezig is in de rotatie bezitten de kleinste *Galinsoga* zaadbank, percelen zonder tijdelijk gras-klover bezitten daarentegen een rijke *Galinsoga* zaadbank (Figuur 11). De verschillen zijn evenwel niet significant omwille van hoge standaardafwijkingen.



Figuur 11: *Galinsoga* zaadbankdensiteit (gemiddelde±SE) (toplaag 0-20 cm) in systemen met en zonder tijdelijk gras-klaver

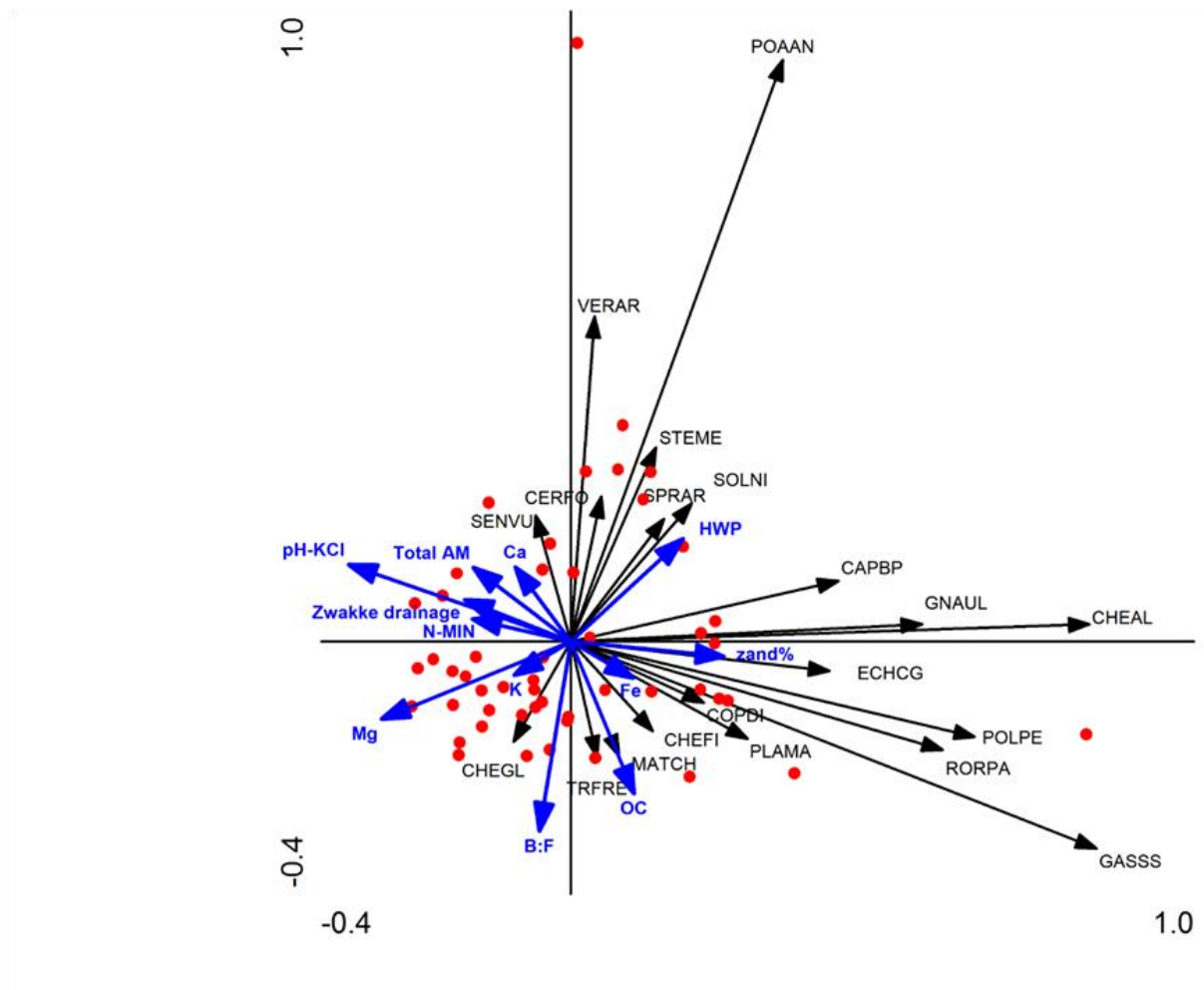
Voorts bleken percelen waarin vals zaaibed werd toegepast gemiddeld minder *Galinsoga* zaden te bevatten dan percelen zonder toepassing van vals zaaibed (met vals zaaibed, 6.797 ± 2.023 ; zonder vals zaaibed, 7.490 ± 1.473 zaden m⁻² over diepte 0-20 cm); het verschil was echter niet significant. Percelen waarop vaak groenbedekkers geïnstalleerd werden (frequentie minstens 1 op 2 jaar) hadden minder *Galinsoga* zaden dan percelen met geringe inzet van groenbedekkers (5.711 ± 1.484 vs. 9.301 ± 1.863 zaden m⁻² over diepte 0-20 cm); het verschil was echter niet significant. Er kon geen verband aangetoond worden tussen de overheersende onkruidbestrijdingstechniek (mechanisch, thermisch) en de zaadbankgrootte.

4.1.3. Link met fysische, chemische en biologische bodemkwaliteit

Uit Figuur 12 blijkt dat de zaadbankgrootte van *Galinsoga* spp. positief gecorreleerd is met de zandfractie, hoeveelheid organische koolstof (*Galinsoga* spp. verkiezen m.a.w. zanderige, humeuze gronden), plantbeschikbaar Fe en heetwater extraheerbaar fosfor (HWP) en negatief gecorreleerd met pH-KCl, zwakke drainage, plantbeschikbaar Mg, Ca en de hoeveelheid arbusculaire mycorrhiza (AM).

Percelen met veel arbusculaire mycorrhiza zijn geassocieerd met geringe *Galinsoga* zaadbanken. Dit kan op twee zaken wijzen: het is bekend dat AM minder aanwezig zijn op percelen welke frequent geploegd worden. Mycorrhiza-schimmels voorzien de planten van minerale voedingsstoffen in ruil voor suikers (symbiose). De aanwezigheid van AM fungi gaat niet samen met een hoge beschikbaarheid van fosfaat (pijlen van beide milieuvariabelen wijzen dan ook in tegengestelde richting, zie Figuur 12), en wellicht ook niet met een algemeen hoge beschikbaarheid van minerale plantenvoeding door een hoge afbraakactiviteit (zie ook Bijlage 1), net iets waar *Galinsoga* spp. wel van profiteren. Bodems met meer AM wijzigen de competitieverhouding tussen *Galinsoga* spp. en het gewas ten voordele van het gewas.

In Bijlage 3 (Tabel 3.1, 3.2 en 3.3) staan de gegevens m.b.t. fysische, chemische en biologische bodemeigenschappen van de bemonsterde groentenpercelen samengevat. In Bijlage 2 wordt het verband tussen bodembeheer (type bodembewerking, type organische bemesting) en fysische, chemische en biologische eigenschappen van de bemonsterde biologische groentenpercelen bestudeerd.

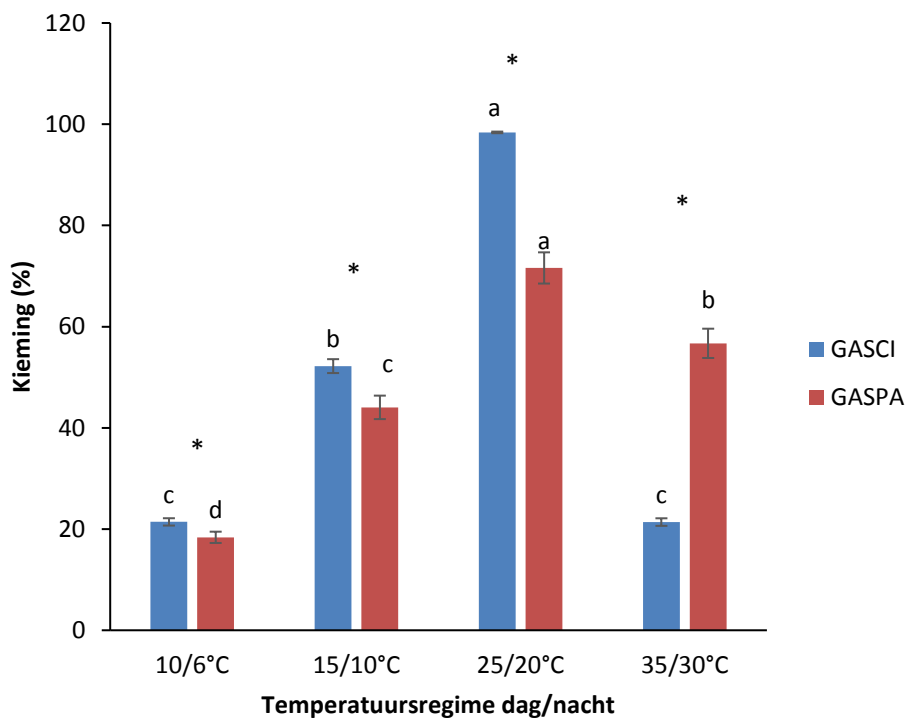


Figuur 12: Soorten-milieuvariabelen biplot (Principale componentenanalyse) (beide PCA componenten verklaren 61% van de variantie). Onkruidsoorten en numerieke milieuvariabelen worden weergegeven door een pijl. De pijlen van de soorten wijzen in de richting van de maximale variatie in de zaadbankdensiteit van de soort. De pijlen van de milieuvariabelen wijzen in de richting van de maximale verandering van de milieuvariabele in het diagram. Lange pijlen zijn beter gerelateerd aan het patroon van variatie in soortensamenstelling van het ordinatiedagram. Enkel de belangrijkste verklarende milieuvariabelen zijn weergegeven. Rode stippen geven de bemonsterde groentenpercelen. GASSS, *Galinsoga* spp.; SENVU, *Senecio vulgaris*; POLLA, *Polygonum lapathifolium*; TRFRE, *Trifolium repens*; POLPE, *Polygonum persicaria*; RORPA, *Rorippa sylvestris*; CHEFI, *Chenopodium ficifolium*, PLAMA, *Plantago major*; CAPBP, *Capsella bursa-pastoris*; ECHCG, *Echinochloa crus-galli*; STEME, *Stellaria media*; COPDI, *Coronopus didymus*; SOLNI, *Solanum nigrum*; CHEAL, *Chenopodium album*; GNAUL, *Gnaphalium uliginosum*; POAAN, *Poa annua*; POLLAV, *Polygonum aviculare*, CERFO, *Cerastium fontanum*; SPRAR, *Spergula arvensis*; CHEPO, *Chenopodium polyspermum*; CHEGL, *Chenopodium glaucum*; MATCH, *Matricaria chamomilla*. Milieuvariabelen: B:F, bacterie over schimmelverhouding; OC, organisch koolstofgehalte; HWP, heet water extraheerbare P, Total AM, totale hoeveelheid arbusculaire mycorrhiza.

4.2. WP2: Karakterisatie van knopkruidpopulaties op vlak van kiemingsbiologie en zaadlanglevendheid

4.2.1. Kiemproeven (experiment 2.1)

Uit 2-weg ANOVA verricht op kiemingsdata van de kiemprouven doorgevoerd bij alternerend licht bleek een significante interactie tussen soort en temperatuursregime ($P < 0.01$). Vergeleken met *G. quadriradiata* vertoonde *G. parviflora* een significant lagere kieming bij de laagste temperatuursregimes (10/6°C, 15/10°C en 25/20°C) en een significant hogere kieming bij het hoogste temperatuursregime (35/30°C) (Figuur 13). *Galinsoga parviflora* verkiest bijgevolg eerder warmere kiemtemperaturen dan *G. quadriradiata* m.a.w. is meer warmteminnend voor kieming. Anderzijds vertoonden beide soorten zowel bij lage (10/6°C) als bij hoge temperaturen (35/30°C) nog substantiële kieming (>20%). Het temperatuursregime 25/20°C bleek voor beide soorten optimaal. De laagste kieming trad op bij het regime 10/6°C en 35/30°C bij *G. quadriradiata* en bij 10/6°C bij *G. parviflora*.



Figuur 13: Kieming (%) (met SE foutbalk) van *G. parviflora* (GASPA) en *G. quadriradiata* (GASCI) bij 4 ingestelde temperatuursregimes en eenzelfde lichtregime (16u licht/8u donker). Percentages binnen eenzelfde substraat gevolgd door een verschillende letter zijn significant verschillend volgens Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of de Bonferroni test (geen homoscedasticiteit) ($P = 0.05$). Percentages binnen eenzelfde temperatuursregime zijn significant (*) of niet significant verschillend (NS) ($P = 0.05$).

Op populatieniveau was de kieming bij alle populaties het hoogst bij het regime 25/20°C (Tabel 6) met uitzondering van *G. parviflora* populatie 5. Bij ongeveer de helft van de *G. parviflora* populaties was de kieming bij 35/30°C evenwel niet significant verschillend van die bij 25/20°C.

Tabel 6: Gemiddelde kieming (\pm SE) voor 40 *Galinsoga* populaties bij 4 verschillende temperatuursregimes (10/6°C, 15/10°C, 25/20°C en 35/30°C) en 2 lichtcondities (16u licht/8u donker, continu duisternis). GASCI = *Galinsoga quadriradiata*; GASPA = *Galinsoga parviflora*.

Soort	Populatie	Alternerend Licht				Donker [‡]	
		Wisseltemperatuursregime (dag/nacht) [†]				25/20°C	
		10/6°C	15/10°C	25/20°C	35/30°C		
GASPA	4b	17.1 ± 2.1 c	34.0 ± 2.2 b	77.0 ± 3.1 a	27.5 ± 3.9 b	0.5 ± 0.5 *	
	5	4.0 ± 1.3 c	15.0 ± 4.2 c	31.0 ± 3.3 b	60.5 ± 1.3 a	0.0 ± 0.0 *	
	13	19.7 ± 3.3 c	53.0 ± 7.7 b	88.5 ± 3.6 a	65.5 ± 3.6 b	2.0 ± 1.4 *	
	24	21.2 ± 3.9 c	53.0 ± 6.6 b	81.0 ± 4.7 a	55.5 ± 8.5 b	0.5 ± 0.5 *	
	28	21.5 ± 3.7 c	52.5 ± 3.9 b	71.0 ± 4.4 a	58.0 ± 3.6 ab	0.5 ± 0.5 *	
	29	21.9 ± 1.6 c	46.0 ± 1.8 b	59.0 ± 4.5 a	56.0 ± 3.4 ab	0.5 ± 0.5 *	
	32b	23.8 ± 2.8 c	54.5 ± 8.4 b	89.0 ± 3.1 a	69.5 ± 4.1 ab	1.0 ± 0.6 *	
	46	16.8 ± 2.4 c	49.5 ± 5.0 b	67.5 ± 3.4 a	51.5 ± 2.2 b	0.5 ± 0.5 *	
	47	17.4 ± 1.8 c	38.5 ± 2.2 b	59.0 ± 8.1 a	33.0 ± 0.6 b	0.5 ± 0.5 *	
	51	20.3 ± 2.0 c	44.5 ± 2.2 b	93.0 ± 2.4 a	90.0 ± 1.8 a	0.0 ± 0.0 *	
GASCI	4a	17.1 ± 2.7 c	41.5 ± 2.6 b	98.5 ± 1.0 a	36.0 ± 4.2 b	2.5 ± 1.3 *	
	6	24.6 ± 2.6 c	56.5 ± 5.0 b	100.0 ± 0.0 a	19.5 ± 1.9 c	3.0 ± 1.9 *	
	7	16.3 ± 3.3 c	37.0 ± 3.8 b	97.0 ± 1.3 a	19.5 ± 5.6 c	1.5 ± 1.0 *	
	8	21.4 ± 3.0 c	61.0 ± 5.7 b	98.5 ± 1.0 a	19.0 ± 3.8 c	0.0 ± 0.0 *	
	9	26.9 ± 1.0 c	61.0 ± 5.0 b	98.5 ± 1.0 a	15.0 ± 1.9 c	1.0 ± 0.6 *	
	10	26.7 ± 1.8 c	65.5 ± 7.1 b	99.0 ± 0.6 a	18.0 ± 2.7 c	1.0 ± 1.0 *	
	11	18.8 ± 5.9 c	47.0 ± 11.3 b	98.0 ± 1.2 a	19.5 ± 2.9 c	0.5 ± 0.5 *	
	12	30.0 ± 1.8 c	67.5 ± 5.4 b	98.5 ± 1.0 a	24.0 ± 3.2 c	1.5 ± 1.0 *	
	14	23.3 ± 4.8 c	57.0 ± 6.8 b	98.5 ± 0.5 a	21.0 ± 3.9 c	0.0 ± 0.0 *	
	15	24.5 ± 4.0 c	52.5 ± 6.2 b	99.5 ± 0.5 a	16.5 ± 1.7 c	2.5 ± 1.5 *	
	16	22.2 ± 3.9 c	63.0 ± 8.4 b	98.0 ± 0.8 a	27.0 ± 2.1 c	2.5 ± 1.0 *	
	17	25.2 ± 4.5 c	58.0 ± 7.1 b	97.5 ± 1.0 a	19.5 ± 1.9 c	0.5 ± 0.5 *	
	20	22.3 ± 3.0 c	52.0 ± 4.7 b	99.0 ± 0.6 a	25.5 ± 2.9 c	0.5 ± 0.5 *	
	21	17.8 ± 2.0 c	52.0 ± 5.9 b	97.5 ± 1.0 a	18.5 ± 5.3 c	0.5 ± 0.5 *	
	22	28.7 ± 2.1 c	65.5 ± 4.3 b	99.0 ± 0.6 a	18.5 ± 4.6 c	1.0 ± 0.6 *	
	23	27.3 ± 5.0 c	67.0 ± 4.5 b	98.0 ± 0.8 a	20.0 ± 3.7 c	1.0 ± 0.6 *	
	25	21.6 ± 6.3 b	46.5 ± 10.7 b	97.0 ± 1.3 a	30.5 ± 4.9 b	3.0 ± 1.0 *	
	26	17.9 ± 3.0 c	48.5 ± 2.1 b	97.0 ± 0.6 a	22.5 ± 2.9 c	2.5 ± 1.9 *	
	32a	20.4 ± 1.1 c	58.5 ± 4.2 b	99.0 ± 1.0 a	24.0 ± 3.6 c	0.0 ± 0.0 *	
	33	22.5 ± 3.4 c	52.5 ± 4.8 b	98.5 ± 1.0 a	16.0 ± 0.8 c	0.0 ± 0.0 *	
34	9.6 ± 1.6 c	31.5 ± 2.2 b	96.5 ± 1.3 a	28.0 ± 3.6 b	0.0 ± 0.0 *		
35	19.5 ± 3.2 c	42.5 ± 5.7 b	100.0 ± 0.0 a	18.0 ± 5.5 c	0.0 ± 0.0 *		
36	15.5 ± 3.7 c	37.5 ± 7.4 b	98.5 ± 1.0 a	26.5 ± 3.6 b	1.5 ± 1.5 *		
37	10.6 ± 4.4 b	25.0 ± 9.5 b	97.5 ± 0.5 a	16.0 ± 2.2 b	0.0 ± 0.0 *		
38	24.6 ± 2.7 c	54.0 ± 4.1 b	99.5 ± 0.5 a	29.0 ± 4.0 c	2.5 ± 1.0 *		
40	21.1 ± 3.7 c	56.5 ± 5.9 b	97.5 ± 1.0 a	28.0 ± 2.9 c	0.0 ± 0.0 *		
41	20.5 ± 4.6 c	50.0 ± 7.4 b	99.5 ± 0.5 a	11.5 ± 2.2 c	0.5 ± 0.5 *		
45	29.5 ± 2.5 c	65.0 ± 3.0 b	99.5 ± 0.5 a	19.0 ± 4.9 c	0.0 ± 0.0 *		
48	21.9 ± 4.5 c	51.0 ± 6.2 b	99.5 ± 0.5 a	18.5 ± 5.4 c	0.0 ± 0.0 *		
49	14.2 ± 1.6 c	43.0 ± 3.7 b	97.0 ± 0.6 a	17.0 ± 1.0 c	0.5 ± 0.5 *		

† Gemiddelden binnen eenzelfde populatie gevolgd door eenzelfde letter zijn niet significant verschillend (P= 0.05) volgens Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of de Bonferroni test (geen homoscedasticiteit).

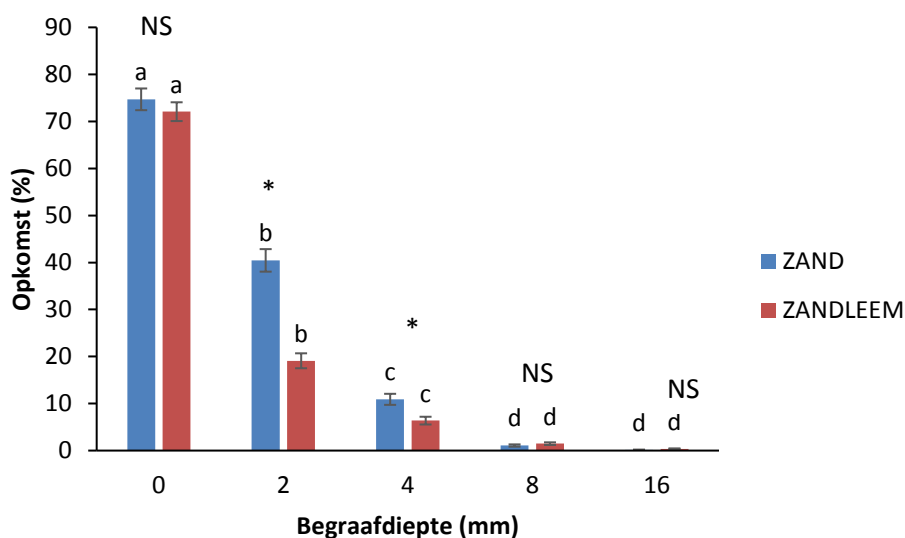
‡ Het symbool * wijst op een significant verschil (P<0.05) tussen de behandeling Licht & 25/20°C en Donker & 25/20°C

Voorts is de maximum kieming van *G. parviflora* populaties lager dan die van *G. quadriradiata* populaties hetgeen wijst op een grotere mate van primaire dormantie bij *G. parviflora* (immers de tetrazolium-test wees uit dat >90% van de niet gekiemde zaden vitaal waren).

Galinsoga zaden waren lichtbehoevend voor kieming: kieming in continu duisternis was extreem laag (tussen 0 en 2.5%) ondanks kieming bij optimale kiemtemperaturen (Tabel 6). Er waren geen inter-populatieverschillen voor donkerkieming. Licht is dus een absolute noodzaak voor kieming Dit betekent evenwel niet dat er geen verschillen in gevoeligheid voor licht bestaan tussen *Galinsoga* populaties; immers, de opkomst-diepteproef (zie volgende sectie) toonde duidelijke verschillen in max. kiemingsdiepte tussen populaties hetgeen kan wijzen op inter-populatie verschillen in benodigde hoeveelheid licht voor kieming.

4.2.2. Diepte-opkomstproef (experiment 2.2)

Galinsoga zaden kiemden erg oppervlakkig; niet-bedeekte zaden vertoonden de beste opkomst onafgezien van knopkruidpopulatie en bodemtype (Tabel 7, Figuur 14). De opkomst nam exponentieel af met toenemende begraafdiepte. De maximale kiemingsdiepte varieerde tussen 2 en 16mm afhankelijk van de knopkruidpopulatie (Tabel 7). Daarnaast heeft het bodemtype een duidelijke invloed op de kieming: zo is het opkomstpercentage bij begraafdieptes van 2 t.e.m.4 mm significant lager in zandleem dan in zand.



Figuur 14: Knopkruidopkomst (met SE foutbalk) voor verse *Galinsoga* zaden begraven op 5 dieptes in een zand- en zandleemsubstraat (gemiddelden over *Galinsoga* populaties heen). Opkomstpercentages binnen eenzelfde substraat gevolgd door een verschillende letter zijn significant verschillend volgens Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of de Bonferroni test (geen homoscedasticiteit) ($P = 0.05$). Opkomstpercentages binnen eenzelfde diepte zijn significant (*) of niet significant verschillend (NS) ($P = 0.05$).

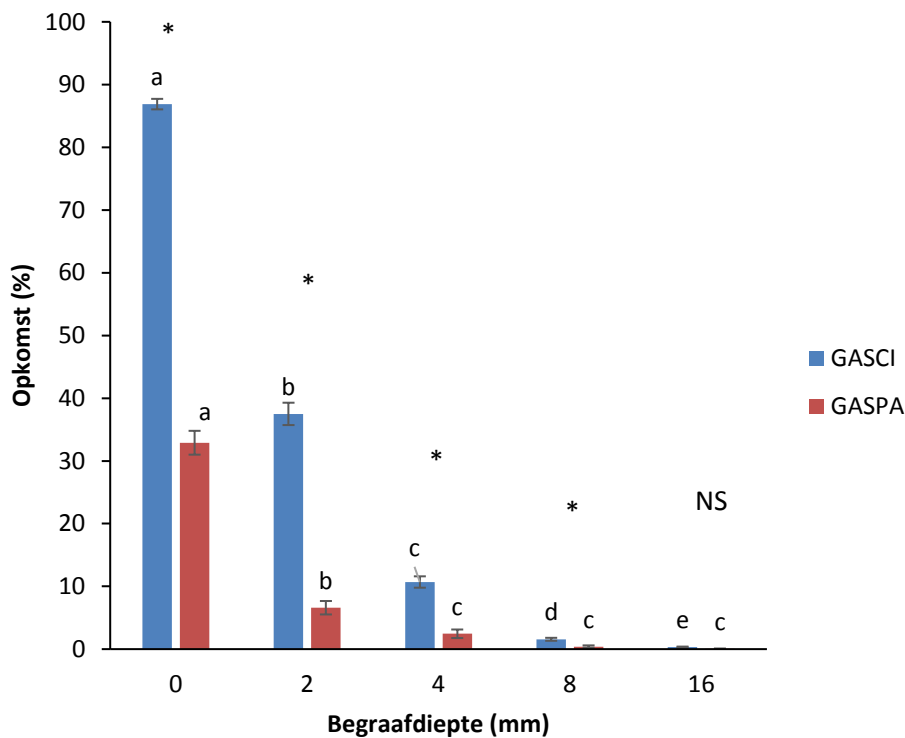
Tabel 7: Gemiddelde opkomst (\pm SE) voor 40 knopkruidpopulaties begraven op 5 dieptes (gemiddelden over twee bodemtypes). Waarden in vet corresponderen met de maximum kiemingdiepte. GASCI = *Galinsoga quadriradiata*; GASPA = *Galinsoga parviflora*.

Soort	Populatie	Begraafdiepte (mm)*					
		0	2	4	8	16	
GASPA	4b	29.5 \pm 4.5 a	4.5 \pm 1.9 b	1.5 \pm 1.1 b	0.0 \pm 0.0 b	0.0 \pm 0.0 b	
	5	50.5 \pm 3.6 a	4.5 \pm 2.7 b	0.5 \pm 0.5 b	0.0 \pm 0.0 b	0.0 \pm 0.0 b	
	13	38.5 \pm 5.7 a	4.5 \pm 1.9 b	0.0 \pm 0.0 b	0.5 \pm 0.5 b	0.0 \pm 0.0 b	
	24	15.5 \pm 3.5 a	2.0 \pm 1.1 b	0.5 \pm 0.5 b	0.5 \pm 0.5 b	0.5 \pm 0.5 b	
	28	35.0 \pm 2.0 a	8.5 \pm 3.0 b	1.5 \pm 1.1 c	0.0 \pm 0.0 c	0.0 \pm 0.0 c	
	29	31.5 \pm 2.4 a	9.0 \pm 4.1 b	0.5 \pm 0.5 b	1.5 \pm 1.5 b	0.0 \pm 0.0 b	
	32b	33.0 \pm 3.6 a	8.0 \pm 2.4 b	3.5 \pm 1.9 bc	0.0 \pm 0.0 c	0.0 \pm 0.0 c	
	46	17.0 \pm 2.8 a	6.0 \pm 1.9 b	0.0 \pm 0.0 b	0.0 \pm 0.0 b	0.0 \pm 0.0 b	
	47	18.5 \pm 2.7 a	1.0 \pm 0.7 b	2.0 \pm 1.3 b	0.5 \pm 0.5 b	0.0 \pm 0.0 b	
	51	60.0 \pm 5.0 a	18.0 \pm 7.0 b	14.5 \pm 4.4 b	1.0 \pm 1.0 c	0.0 \pm 0.0 c	
GASCI	4a	91.0 \pm 3.0 a	21.0 \pm 5.3 b	8.0 \pm 2.1 c	0.0 \pm 0.0 c	0.5 \pm 0.5 c	
	6	96.0 \pm 1.7 a	35.5 \pm 7.8 b	6.5 \pm 3.2 c	0.0 \pm 0.0 c	0.0 \pm 0.0 c	
	7	73.0 \pm 6.6 a	32.5 \pm 12.9 b	10.0 \pm 4.5 bc	1.5 \pm 1.5 c	0.0 \pm 0.0 c	
	8	89.0 \pm 4.6 a	13.0 \pm 4.9 b	14.5 \pm 4.7 b	2.0 \pm 2.0 b	1.0 \pm 1.0 b	
	9	91.0 \pm 2.9 a	37.5 \pm 11.5 b	10.0 \pm 3.7 c	0.0 \pm 0.0 c	0.0 \pm 0.0 c	
	10	79.0 \pm 4.1 a	14.0 \pm 5.0 b	7.0 \pm 4.6 b	1.5 \pm 0.7 b	0.5 \pm 0.5 b	
	11	82.5 \pm 6.0 a	44.0 \pm 13.8 b	25.0 \pm 5.0 b	0.0 \pm 0.0 bc	0.0 \pm 0.0 bc	
	12	85.5 \pm 3.4 a	27.5 \pm 6.6 b	6.5 \pm 2.0 c	2.0 \pm 1.5 c	0.0 \pm 0.0 c	
	14	84.0 \pm 2.9 a	24.0 \pm 9.0 b	7.0 \pm 3.6 b	1.0 \pm 0.7 bc	0.0 \pm 0.0 bc	
	15	85.0 \pm 4.0 a	26.5 \pm 5.0 b	4.0 \pm 2.0 c	0.0 \pm 0.0 c	0.0 \pm 0.0 c	
	16	91.0 \pm 1.8 a	29.5 \pm 9.7 b	4.5 \pm 1.8 c	0.0 \pm 0.0 c	0.0 \pm 0.0 c	
	17	88.0 \pm 3.2 a	35.5 \pm 11.9 b	8.5 \pm 4.6 c	1.0 \pm 0.7 c	0.0 \pm 0.0 c	
	20	89.5 \pm 2.0 a	26.0 \pm 6.5 b	4.0 \pm 1.5 c	1.0 \pm 0.7 c	1.0 \pm 0.7 c	
	21	92.0 \pm 2.4 a	52.0 \pm 11.6 b	6.5 \pm 2.7 c	0.5 \pm 0.5 c	0.0 \pm 0.0 c	
	22	96.0 \pm 1.7 a	16.5 \pm 4.7 b	5.0 \pm 1.5 c	1.0 \pm 0.7 c	0.0 \pm 0.0 c	
	23	81.0 \pm 4.4 a	36.5 \pm 12.7 b	18.5 \pm 10.5 bc	1.0 \pm 0.7 c	0.5 \pm 0.5 c	
	25	59.5 \pm 8.6 a	45.0 \pm 9.7 a	10.5 \pm 3.2 b	1.5 \pm 0.7 b	0.5 \pm 0.5 b	
	26	84.0 \pm 3.9 a	43.0 \pm 10.7 b	8.0 \pm 4.7 c	3.0 \pm 1.6 c	1.0 \pm 1.0 c	
	32a	76.5 \pm 5.8 a	60.0 \pm 10.2 a	28.5 \pm 10.1 b	3.0 \pm 2.0 bc	0.5 \pm 0.5 c	
	33	89.5 \pm 2.7 a	21.5 \pm 6.7 b	5.5 \pm 1.8 c	1.0 \pm 1.0 c	0.0 \pm 0.0 c	
	34	96.5 \pm 1.2 a	55.5 \pm 6.2 b	24.0 \pm 6.1 c	1.5 \pm 1.1 d	0.5 \pm 0.5 d	
	35	95.5 \pm 1.9 a	47.0 \pm 7.2 b	12.5 \pm 4.9 c	3.0 \pm 1.6 c	0.0 \pm 0.0 c	
	36	81.5 \pm 5.1 a	59.5 \pm 10.4 b	25.5 \pm 5.7 c	2.0 \pm 1.3 d	0.5 \pm 0.5 d	
	37	88.5 \pm 3.7 a	39.0 \pm 5.0 b	14.5 \pm 4.3 c	3.0 \pm 2.5 cd	0.0 \pm 0.0 d	
	38	96.0 \pm 1.5 a	55.5 \pm 8.4 b	11.5 \pm 6.0 c	0.5 \pm 0.5 c	0.0 \pm 0.0 c	
	40	79.0 \pm 4.1 a	54.5 \pm 13.9 a	13.5 \pm 5.2 b	6.0 \pm 2.7 b	1.5 \pm 1.5 b	
	41	92.0 \pm 3.5 a	49.5 \pm 12.5 b	5.0 \pm 3.1 c	2.0 \pm 1.3 c	0.5 \pm 0.5 c	
	45	89.5 \pm 2.4 a	32.5 \pm 6.5 b	6.0 \pm 3.0 c	0.5 \pm 0.5 c	0.0 \pm 0.0 c	
	48	89.5 \pm 2.4 a	46.5 \pm 3.0 b	5.5 \pm 3.5 c	4.5 \pm 2.3 c	0.5 \pm 0.5 c	
	49	95.5 \pm 2.7 a	44.5 \pm 7.4 b	5.0 \pm 2.4 c	3.0 \pm 1.6 c	0.5 \pm 0.5 c	

* Gemiddelden binnen eenzelfde populatie gevolgd door eenzelfde letter zijn niet significant verschillend (P= 0.05) volgens Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of de Bonferroni test (geen homoscedasticiteit).

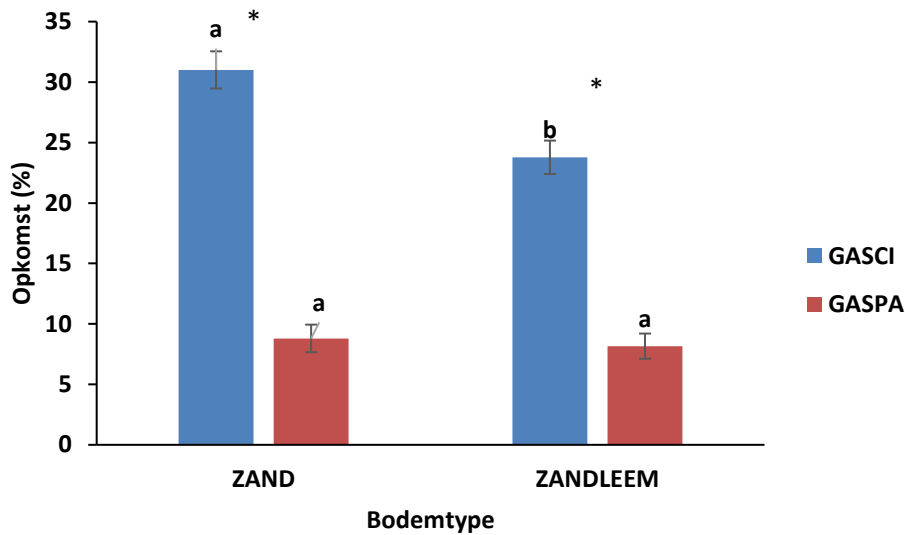
De verschillen in opkomst, te wijten aan zaaidiepte enerzijds en bodemtype anderzijds, zijn te verklaren aan de hand van de lichtbehoefte nodig voor kieming. De penetratie van licht in de bodem is gering en wordt mede bepaald door de grootte van de bodemdeeltjes, het vochtgehalte, de kleur en de hoeveelheid aanwezig organisch materiaal (Tester et al., 1987). Bodems met grotere korreldiameters, zoals zand, laten meer licht door. Algemeen kan worden gesteld dat licht maar maximaal tot een diepte van 4 à 5 mm penetreert (Riemens et al., 2008). Naast een betere lichtpenetratie zal een zandiger bodemtype ook toegankelijker zijn voor O₂ hetgeen kieming eveneens kan bevorderen.

Daarnaast was de relatie tussen opkomst en begraafdiepte afhankelijk van de *Galinsoga* soort. Zo kiemden *G. quadriradiata* zaden systematisch significant beter dan *G. parviflora* zaden en dit onafgezien van de begraafdiepte met uitzondering van 16mm (Figuur 15).



Figuur 15: Knopkruidopkomst (met SE foutbalk) in functie van begraafdiepte voor *G. quadriradiata* (GASCI) en *G. parviflora* (GASPA). Opkomstpercentages binnen eenzelfde soort gevolgd door een verschillende letter zijn significant verschillend volgens Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of de Bonferroni test (geen homoscedasticiteit) ($P = 0.05$). Opkomstpercentages binnen eenzelfde diepte zijn significant (*) of niet significant verschillend (NS) ($P = 0.05$).

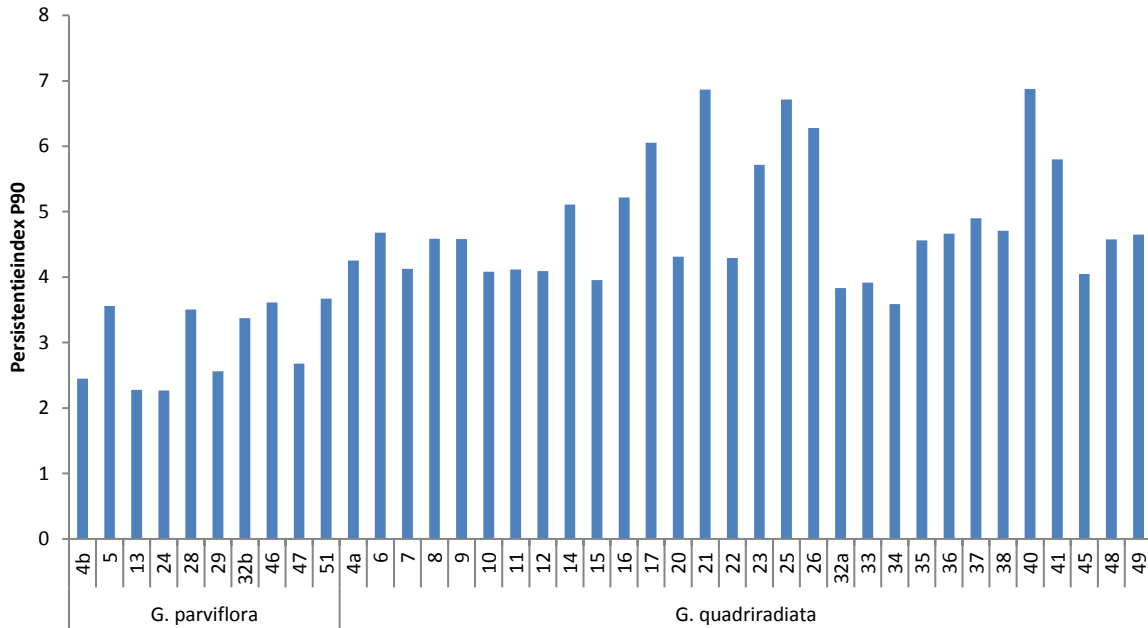
Bovendien is de opkomst van *G. quadriradiata* significant beter in zand dan in zandleem, dit in tegenstelling tot *G. parviflora*. *Galinsoga quadriradiata* toonde een significant hogere opkomst dan *G. parviflora* onafhankelijk van bodemtype (Figuur 16).



Figuur 16: Knopkruidopkomst (met SE foutbalk) in 2 bodemtypes voor *G. quadriradiata* (GASCI) en *G. parviflora* (GASPA) (gemiddelden over begraafdieptes heen). Opkomstpercentages binnen eenzelfde soort gevolgd door een verschillende letter zijn significant verschillend volgens Tukey HSD test (homoscedasticiteit) of de Bonferroni test (geen homoscedasticiteit) ($P = 0.05$). Opkomstpercentages binnen eenzelfde bodemtype zijn significant (*) of niet significant verschillend (NS) ($P = 0.05$).

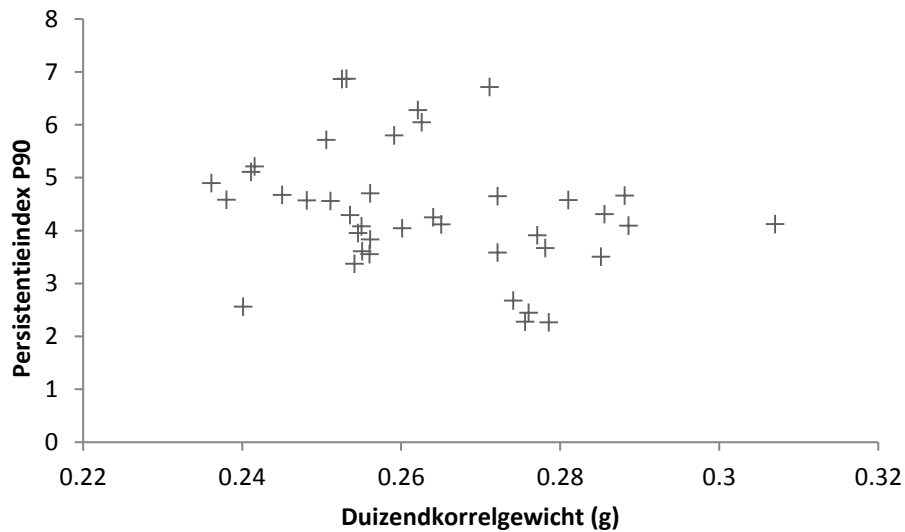
4.2.3. Accelerated ageing proef (experiment 2.3)

De persistentieindex P90 varieert tussen 2.45 en 6.37 voor *G. parviflora* en tussen 5.59 en 6.87 voor *G. quadriradiata* (Figuur 17). *Galinsoga parviflora* populaties bezitten een systematisch lagere persistentieindex P90 dan *G. quadriradiata* populaties (uitgezonderd *G. parviflora* populaties 46 en 51 welke een hoger P90 heeft dan *G. quadriradiata* populatie 34). *Galinsoga parviflora* vertoont een significant lagere P90 en dus een geringere zaadpersistentie dan *G. quadriradiata* (2.27 versus 3.58, $P < 0.01$).



Figuur 17: Zaadpersistentieindex (P90) voor diverse *G. parviflora* en *G. quadriradiata* populaties.

De P90 was zwak negatief gecorreleerd met het duizendkorrelgewicht ($r=-0.27$, $P<0.05$) (Figuur 18).



Figuur 18: Correlatie tussen persistentieindex P90 en het duizendkorrelgewicht van de geëvalueerde *Galinsoga* populaties.

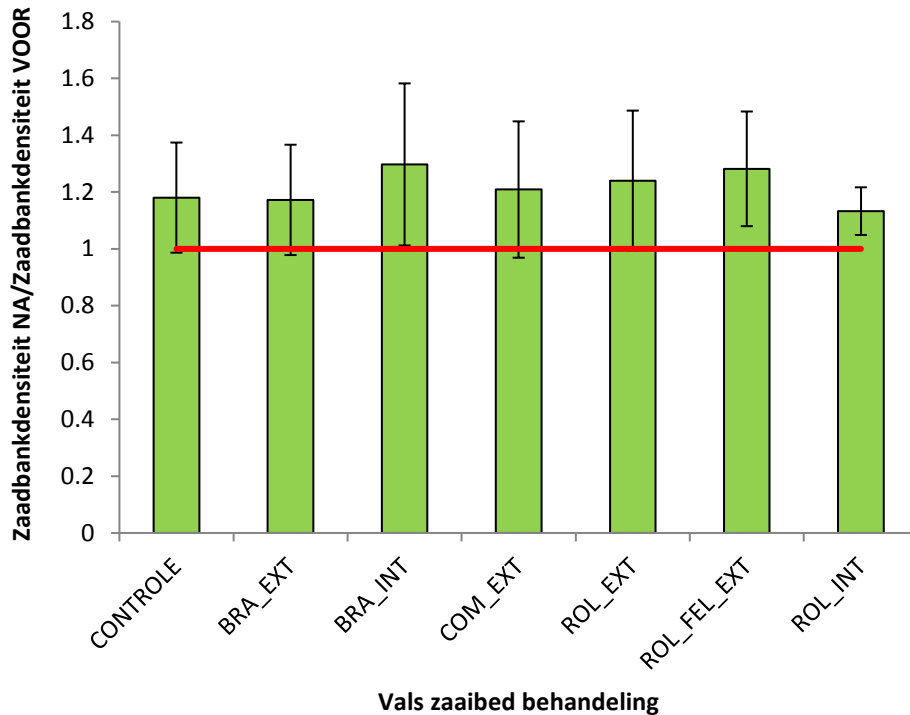
4.2.4. Link tussen kiemingsbiologie en perceelshistoriek

Er konden geen significante verbanden gevonden worden tussen maximum kiemingsdiepte en persistentieindex P90 enerzijds en gewas- en bodembeheer anderzijds. Alle correlaties waren erg zwak en nooit significant. Er was geen significante correlatie ($r=-0.06$) tussen de *Galinsoga* zaadbankgrootte en maximum kiemingsdiepte (m.a.w. *Galinsoga* populaties welke van grotere diepte konden kiemen vormden niet noodzakelijkwijs grotere zaadbanken). Binnen *Galinsoga quadriradiata* was er geen correlatie tussen zaadbankgrootte en P90 ($r= 0.01$) (m.a.w. percelen met grote zaadbankgrootte hadden niet noodzakelijkwijs persistentere *Galinsoga* populaties).

4.3. WP3: In situ optimalisatie van de bestrijding van knopkruidreducerende maatregelen

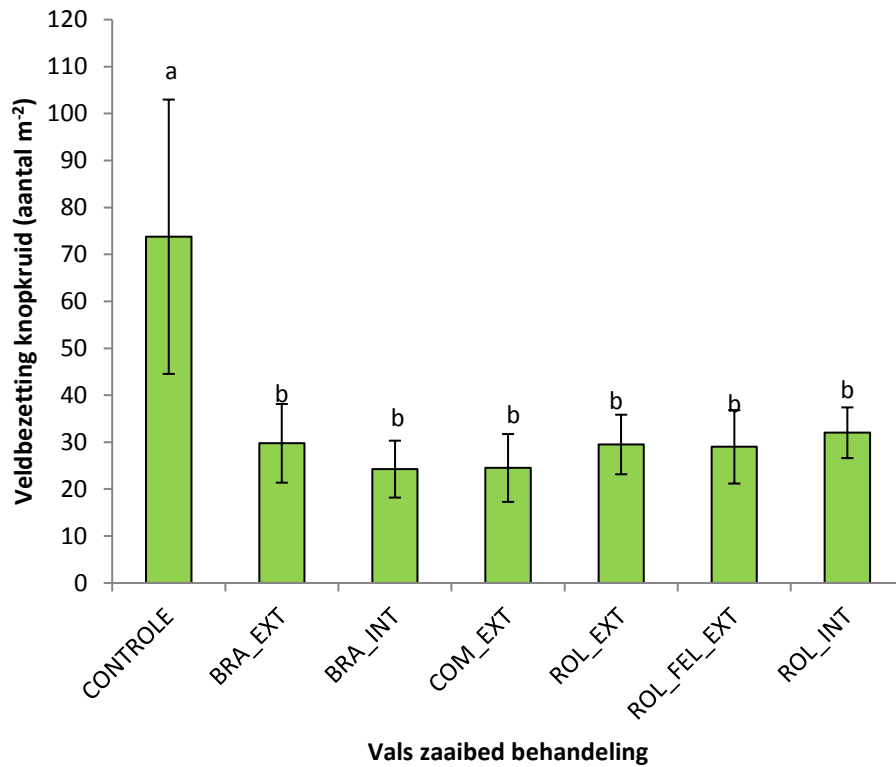
4.3.1. Wortelruggenproef (experiment 3.1)

Uit de resultaten van de wortelruggenproef bleek dat er bij geen enkele vals zaaibed behandeling een significante depletie van de knopkruid-zaadbank 0-5 cm optrad (Figuur 19). De zaadbank was zelfs groter na vals zaaibedbewerking dan voor vals zaaibedbewerking: vermoedelijk is dit te wijten aan het feit dat de zaadbankgrootte voor de start van de proef bepaald werd op diepgevroren bodemstalen terwijl de zaadbankgrootte na vals zaaibed bewerkingen bepaald werd op niet-diepgevroren stalen. Door dit diepvrieseffect zal de zaadbankgrootte bij aanvang van vals zaaibed wellicht onderschat zijn door de nadelige invloed van diepvriesbewaring op vitaliteit van vochtig bewaarde zaden. Anderzijds is het aannemelijk dat het uitblijven van enige depletie te wijten is aan de weersomstandigheden; de vals zaaibed bewerkingen vielen nl. samen met een aanhoudende droogteperiode hetgeen niet bevorderlijk was voor kieming. Dit blijkt onder meer uit de geringe knopkruidbezetting in de controleplots en geringe stimulering van kieming na elke mechanische bodembewerking (schoffelplots) (Figuur 21). Bovendien waren de dagtemperaturen bij aanvang van de proef (begin mei) suboptimaal (rond 10°C) voor *Galinsoga* kieming

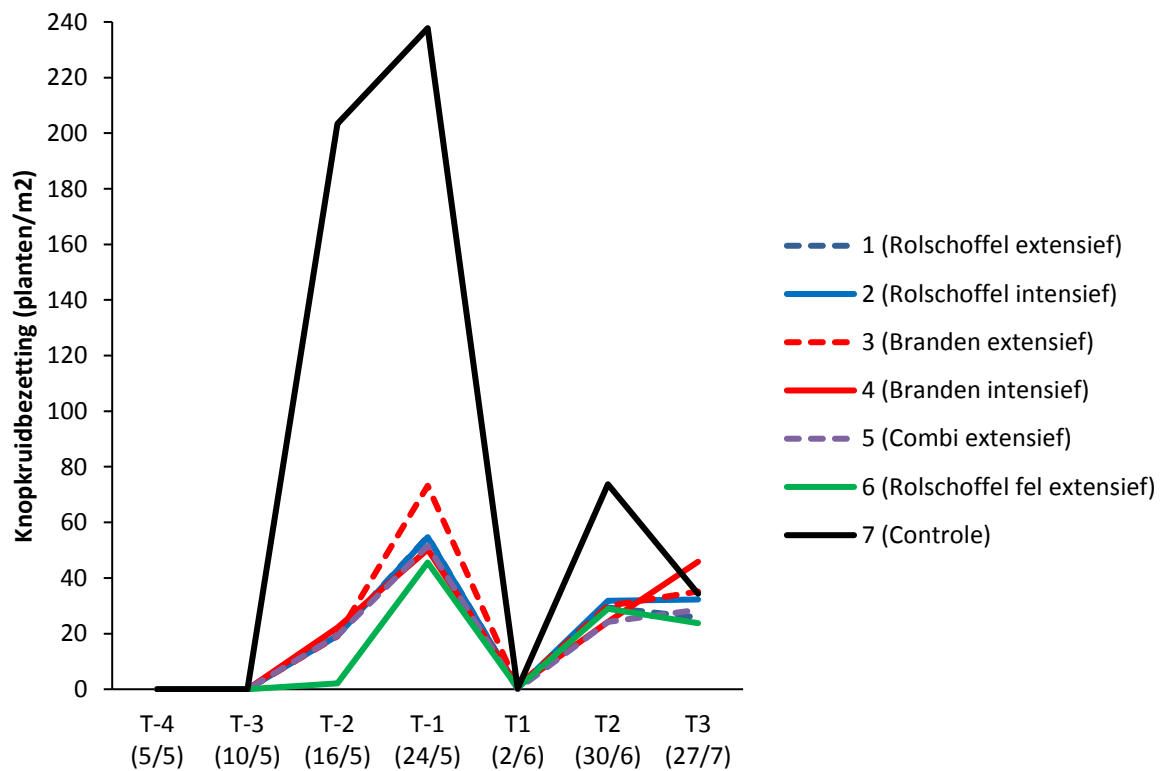


Figuur 19: Ratio (gemiddelde±SE) van *Galinsoga* zaadbankdensiteit na vals zaai-bedbehandeling over *Galinsoga* zaadbankdensiteit voor vals zaai-bedbehandeling. De gemiddelden waren niet significant verschillend van 1= geen depletie.

Vijf weken na beëindiging van de vals zaai-bedbewerkingen was de *Galinsoga* opkomst significant groter in de controleplots (zonder vals zaai-bed; direct inzaai na afschrapen van de wortelrug) dan in de plots met vals zaai-bedbewerkingen (Figuur 20). Hieruit blijkt dus weldegelijk het nut van een vals zaai-bed; er was ongeveer de helft minder opkomst na toepassing van een vals zaai-bed. Ongeveer 9 weken na beëindiging van het vals zaai-bed (27/7) waren er geen verschillen meer in bezetting, omwille van proefvlak-verstorende na-opkomst aanaarden uitgevoerd na 30/6.



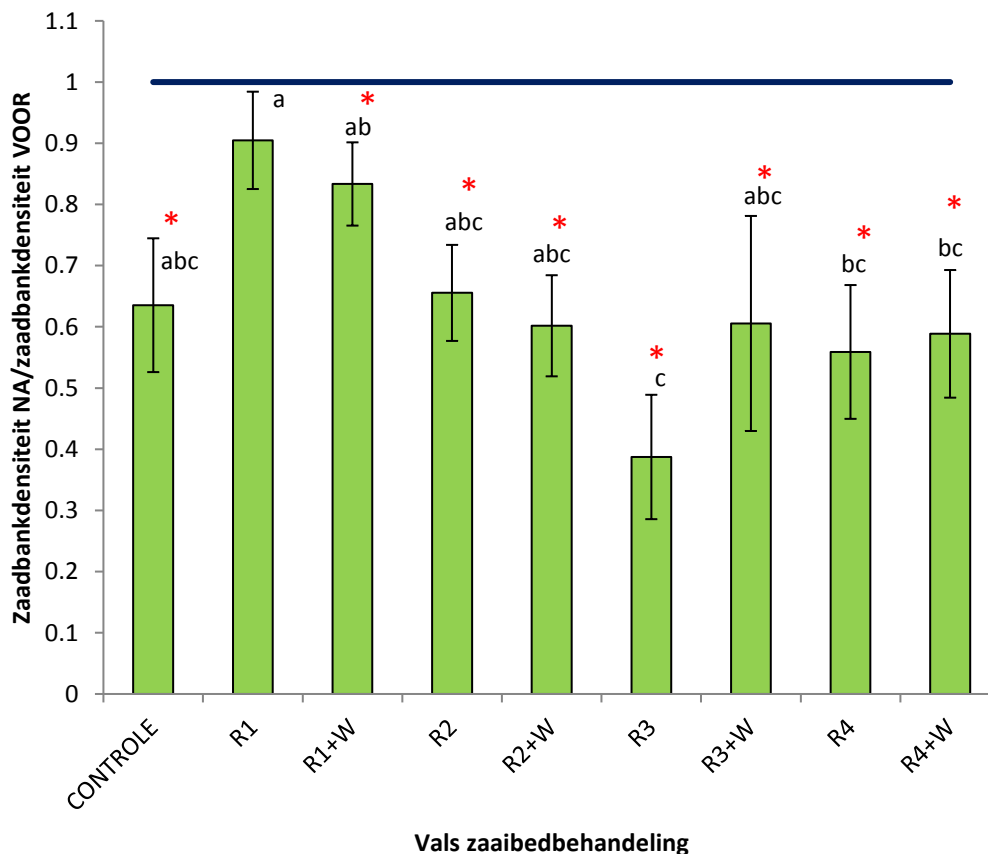
Figuur 20: Galinsoga bezetting op 30/06/2017, 5 weken na zaai voor diverse valse zaai behandelingen. De bezetting in de controleplots is op basis van bezetting na 5cm diep afschrapen (verricht op 2/6 net voor zaai) van de eerder gevormde wortelruggen.



Figuur 21: Galinsoga bezetting in de tijd voor diverse valse zaai behandelingen: voor zaai (T-4, T-3, T-2, T-1: net voor een geplande valse zaai bewerking), na zaai (T1, T2, T3).

4.3.2. Invloed van bewerkingdiepte (experiment 3.2)

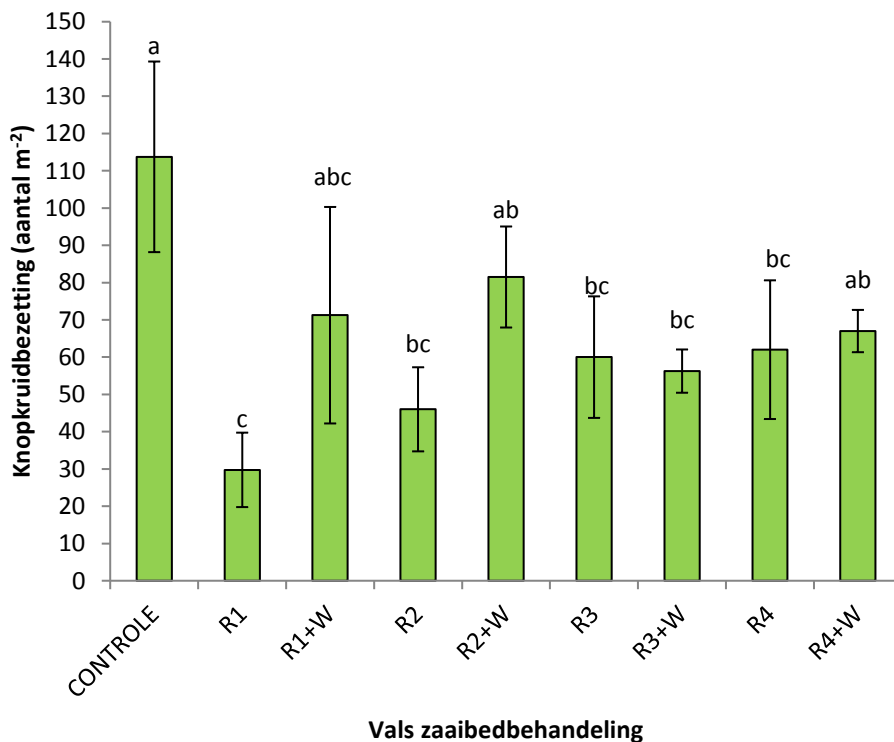
Uit Figuur 22 blijkt dat alle vals zaai-bedbehandelingen uitgezonderd 1 cm diep rolschoffelen in staat waren om de zaadbank significant te reduceren (met 10-62%). Hierbij is de depletie van de *Galinsoga* zaadbank significant lager na 1 cm diep rolschoffelen (R1) dan na 3 cm (R3) en 4 cm (R4) diep rolschoffelen. De depletie in de controleplots was niet significant verschillend van de depletie in mechanisch bewerkte plots. In de controleplots had je eveneens depletie, dit door kieming van zaden aanwezig in de onverstoorde oppervlakkige toplaag.



Figuur 22: Ratio (gemiddelde ± SE) van *Galinsoga* zaadbankdensiteit na vals zaai-bedbehandeling over *Galinsoga* zaadbankdensiteit voor vals zaai-bedbehandeling. Staven met een asterisk zijn significant verschillend van 1 (zwarte horizontale lijn= geen effect). Ratio's zonder gemeenschappelijke letter zijn significant verschillend bij $P=0.05$. Controle= geen mechanische bewerkingen; R1, R2, R3, R4= rolschoffelen met werkdiepte van resp. 1, 2, 3 en 4 cm; W= wiedeggen.

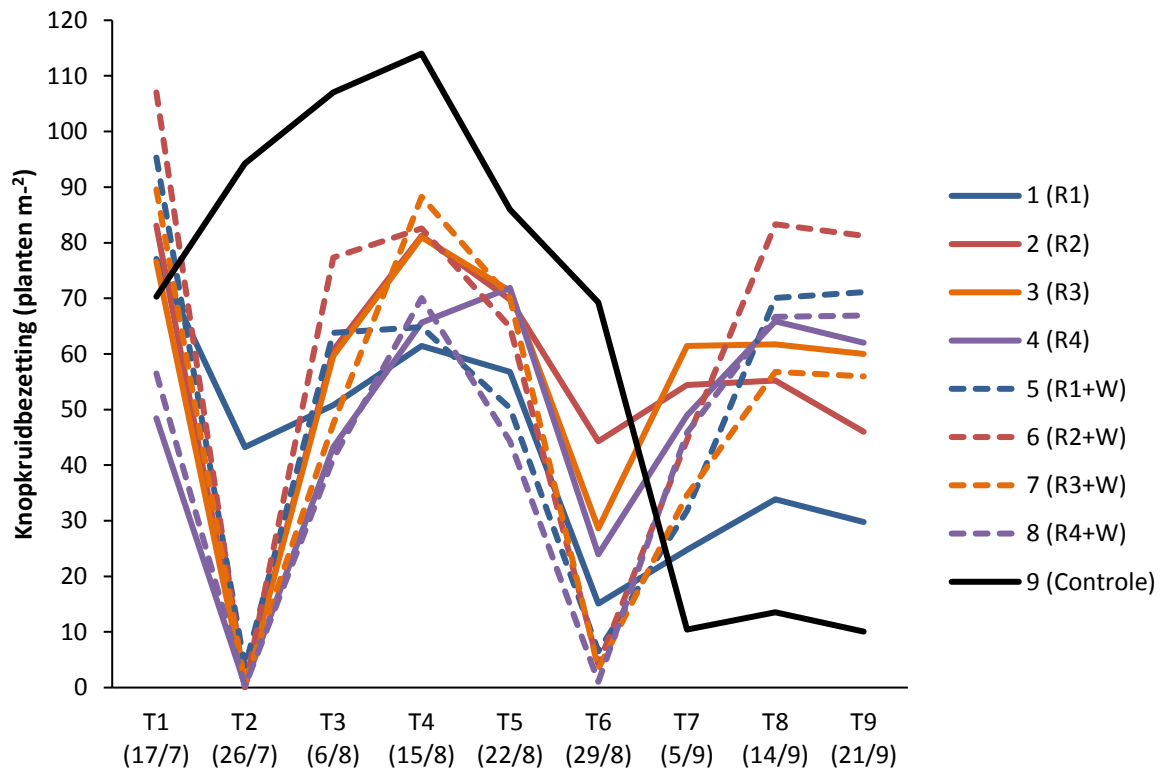
Het is duidelijk dat de zaadbankdepletie in de toplaag 0-5 cm slechts een zwakke voorspellende waarde heeft voor de verwachte opkomst van *Galinsoga* na beëindiging van de vals zaai-bedbehandeling. Immers de laagste *Galinsoga* bezetting trad op in de plots met geringste zaadbankdepletie met name de 1 cm diep gerolschoffelde plots (R1) (Figuur 23). Dit geeft aan dat bewerkingen/handelingen welke specifiek de oppervlakkig (0-8 mm)

gelegen zaadbank uitputten, in casu 1 cm diep rolschoffelen, het meest doeltreffend (weliswaar niet significant) zijn in het voorkomen van *Galinsoga* na de vals zaaiwed voorbehandeling. Dieper bewerken zorgt weliswaar voor grotere zaadbankdepletie van de toplaag 0-5 cm maar dit vertaalt zich dus niet in een geringere uiteindelijke bezetting. Dieper bewerken tijdens het vals zaaiwed betekent op langere termijn wel dat er mogelijk minder *Galinsoga* te vreten valt in volgteelten althans indien verdere *Galinsoga* uitzaaiing voorkomen wordt. Diep schoffelen rendeert dus eerder op de lange termijn, ondiep schoffelen eerder op korte termijn. Opvallend is ook dat de combinatie rolschoffelen gevolgd door wieden voor wat veldbezetting betreft geen significante meerwaarde biedt ten opzichte van 'niks doen' (Controle zonder enige bewerking) dit in tegenstelling tot de behandelingen met uitsluitend rolschoffelen, onafgezien van de werkdiepte. Dit is ook zichtbaar in de tijdsreeks weergegeven in Figuur 23 waarbij de gewiedegde plots bij iedere bewerkingsdiepte (met uitzondering van R3) van schoffelen aanleiding geeft tot hogere *Galinsoga* opkomsten. Mogelijk heeft dit te maken met de te verwachten intensievere verkruiemingsgraad in de schoffel/wiedeg plots hetgeen kiemstimulerend werkt.



Figuur 23: Knopkruidbezetting op 21/9, 3 weken na laatste vals zaaiwedbewerking, voor diverse vals zaaiwed voorbehandelingen (bestaande uit 5 opeenvolgende mechanische bewerkingen met uitzondering van de controle). Voor de controle werd aangenomen dat de bezetting dezelfde is als de bezetting genomen op 15/08 (=maximum bezetting voor curatief ingrijpen op controleplots om uitzaaiing te voorkomen). Controle= geen mechanische bewerkingen; R1, R2, R3, R4= rolschoffelen met werkdiepte van resp. 1, 2, 3 en 4 cm; W= wieden.

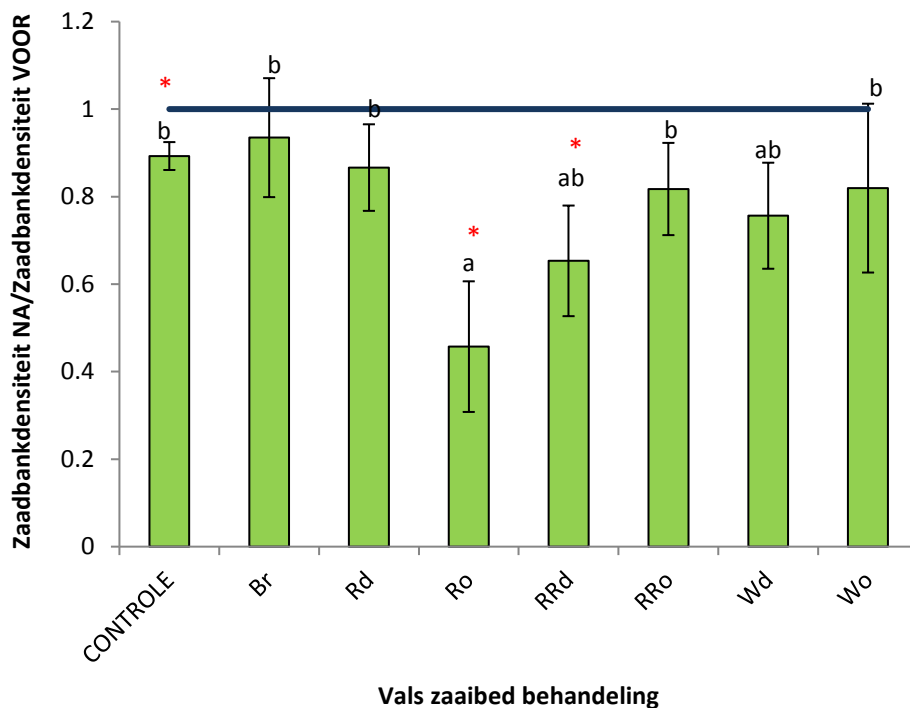
Uit de tijdreeks in Figuur 24 blijkt dat de *Galinsoga* opkomst na beëindiging van de vals zaaibedbehandelingen het geringst is in plots waarbij de bodemverstoring zo beperkt mogelijk gehouden wordt, met name de controleplots (enkel branden om uitzaaiing te voorkomen) en 1 cm diep rolschoffelen. Dieper rolschoffelen resulteert in grotere bezettingen ondanks de grotere depletie van de zaadbank 0-5 cm. Mechanische bewerkingen stimuleren kieming zoals blijkt uit de bezetting opgemeten in de periode 26/7-22/8.



Figuur 24: Knopkruidbezetting in de tijd voor diverse vals zaaibed voorbehandelingen (bestaande uit 5 opeenvolgende bewerkingen met uitzondering van de controle): voorafgaand aan een vals zaaibedbewerking (T1, T2, T3, T4, T5), na de laatste bewerking (T6 t.e.m. T9). Controle= geen mechanische bewerkingen; R1, R2, R3, R4= rolschoffelen met werkdiepte van resp. 1, 2, 3 en 4 cm; W= wiedegeen.

4.3.3. Invloed van bewerkingsdiepte en -type (experiment 3.3)

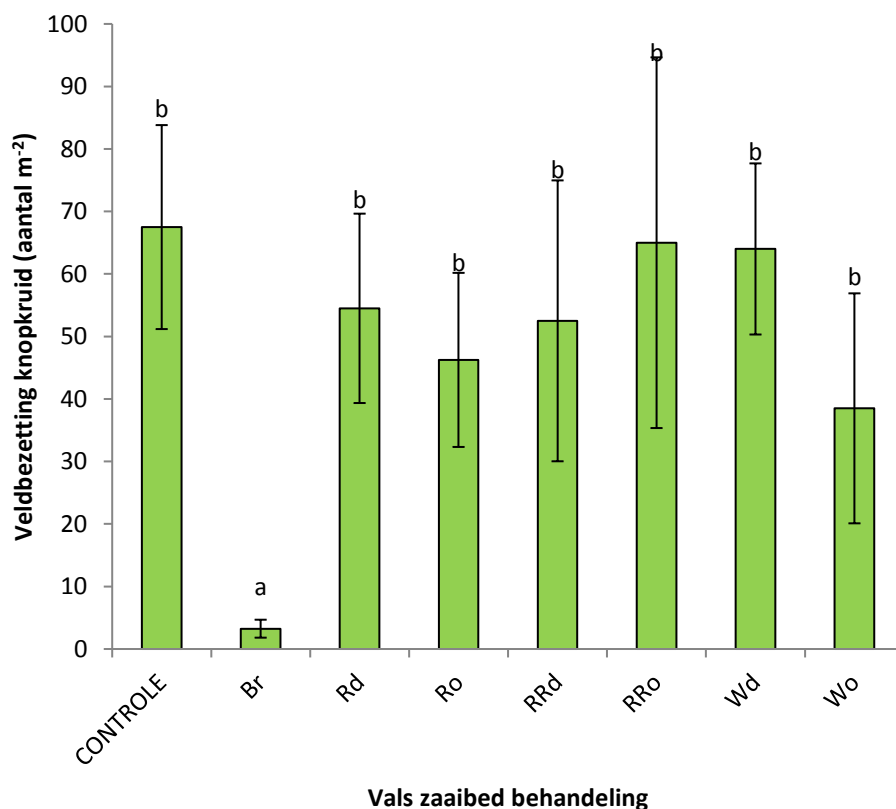
Uit experiment 3.3 bleken alle vals zaaibedbehandelingen in staat om de zaadbank aan *Galinsoga* zaden uit te putten (Figuur 25). Er was evenwel enkel een significante depletie in de controleplots, de plots met ondiep rolschoffelen (Ro) en felle diepe bewerking (RRd). De depletie van de zaadbank in Ro plots ($\pm 55\%$) was significant groter dan de depletie in andere vals zaaibedbehandelingen. Ondiep wiedegeen (Wo) laat duidelijk minder depletie toe dan ondiep rolschoffelen (Ro). De overige vals zaaibedbehandelingen zijn allen niet performanter dan de controleplots. In de controleplots heb je eveneens depletie door kieming van zaden uit de onverstoorte oppervlakkige toplaag.



Figuur 25: Ratio (gemiddelde \pm SE) van *Galinsoga* zaadbankdensiteit na vals zaaibedbehandeling over *Galinsoga* zaadbankdensiteit voor vals zaaibedbehandeling. Staven met asterisk zijn significant verschillend van 1 (zwarte horizontale lijn= geen effect). Ratio's zonder gemeenschappelijke letter zijn significant verschillend bij $P=0.05$. Br= branden, Rd= diep rolschoffelen, Ro= ondiep rolschoffelen, RRd= fel, diep rolschoffelen, RRO= fel, ondiep rolschoffelen, Wd= diep wiedeggen, Wo= ondiep wiedeggen.

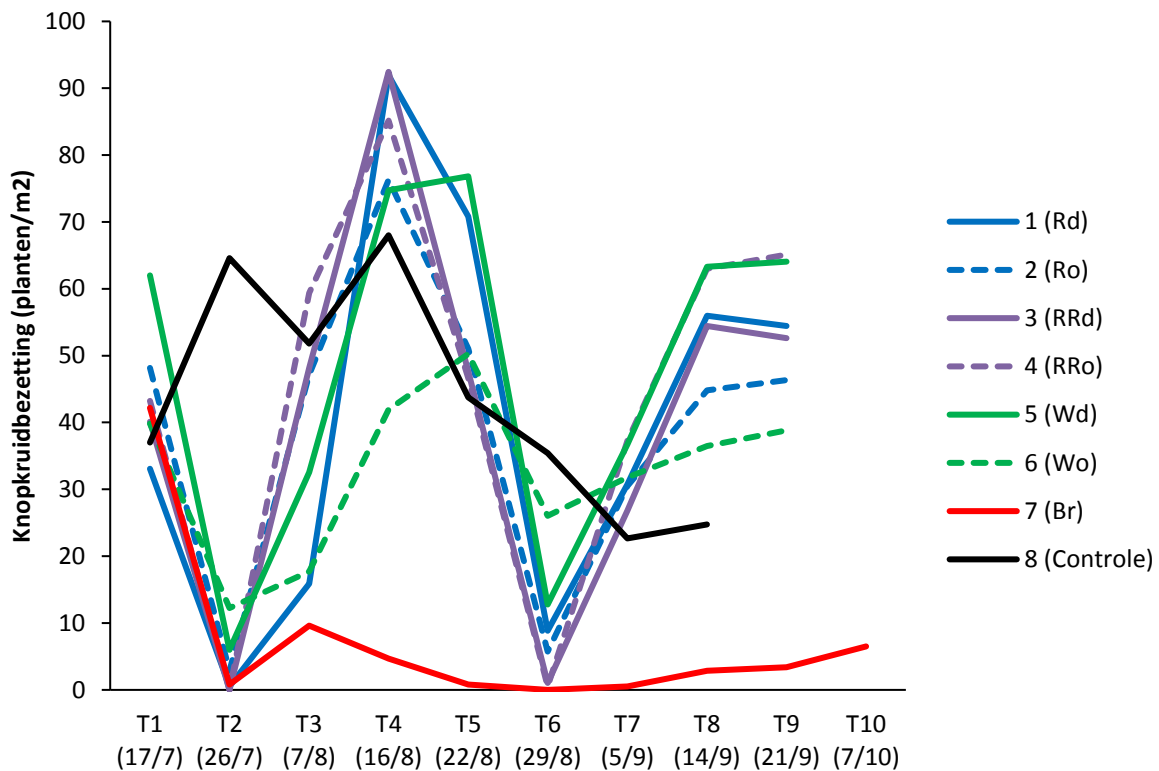
De graad van depletie van de oppervlakkige zaadbank (0-5 cm toplaag) is evenwel net als in experiment 3.2 zwak gerelateerd aan de *Galinsoga* bezetting, 1 maand na uitvoering van de laatste vals zaaibedbewerking (Figuur 26). De plots waarin continu gebrand werd, toonden een significant lagere *Galinsoga* opkomst dan de overige vals zaaibedbewerkingen op afstand gevolgd door de plots met ondiepe mechanische bewerking (ondiep rolschoffelen en ondiep wiedeggen) (Figuur 27). Dit kan verklaard worden door de kiemingsbiologie van *Galinsoga* en het feit dat de zaadbank in de toplaag 0-5 cm voor de plots met continu branden geen voorspellende waarde heeft voor het aantal *Galinsoga* zaden die in kiempositie verkeren. *Galinsoga* is zoals blijkt uit de kiemprouven een oppervlaktekiemer (kiemt hoofdzakelijk vanuit de toplaag 0-4 mm). De snelste manier om deze toplaag uit te putten is door branden; bewerkingen met mechanische tuigen zijn steeds dieper waardoor bij elke bewerking steeds weer opnieuw diep begraven zaden aan het oppervlak gebracht worden waardoor de depletie van deze bovenste millimeters trager verloopt dan in geval van handelingen welke de bodem niet verstoren (controle, branden). De geringere veldbezetting in mechanisch bewerkte plots met ondiepe bewerking (Ro, Wd) wordt wellicht verklaard door het feit dat deze bewerkingen gebeuren in een toplaag waaruit de meeste opkomst te verwachten is. Deze plots toonden ook de sterkste depletie van de zaadbank 0-5 cm.

Veralgemeend kan men stellen dat de zaadbankdepletie in de toplaag 0-5 cm een zwakke aanduiding geeft van de mate van verwachte *Galinsoga* opkomst in mechanisch bewerkte plots. In gebrande plots is er helemaal geen verband tussen zaadbankdepletie in de laag 0-5 cm en de opgemeten *Galinsoga* veldbezetting. De analyse van de zaadbank van de laag 0-5 cm geeft immers geen informatie over de ruimtelijke verdeling van de *Galinsoga* zaden in deze toplaag: zo kunnen twee plots met eenzelfde zaadbankgrootte (toplaag 0-5 cm) toch een totaal verschillende *Galinsoga* bezetting opleveren afhankelijk van de hoeveelheid zaden die zich in de bovenste millimeters van het zaadbed in kiempositie verkeren. Het zijn immers deze oppervlakkig gelegen zaden die de *Galinsoga* veldbezetting zullen bepalen. Anderzijds is de depletie van de zaadbank in de toplaag 0-5 cm wel nuttig op de langere termijn. Er worden immers aanzienlijke depleties [vooral dan bij ondiep rolschoffelen (reductie met 55%) en fel diep rolschoffelen (reductie met 35%)] bekomen. Dit zal ongetwijfeld resulteren in lagere *Galinsoga* druk in volgteelten binnen de rotatie (althans bij niet kerende bodembewerkingen).



Figuur 26: Galinsoga veldbezetting (gemiddelde ± SE) op 21/9, 1 maand na laatste vals zaai-bedbewerking, voor diverse vals zaai-bed behandelingen. Voor de controle werd aangenomen dat de bezetting dezelfde is als de bezetting genomen op 16/08 (=maximum bezetting voor curatief ingrijpen om uitzaaiing te voorkomen). Bezettingen zonder gemeenschappelijke letter zijn significant verschillend bij P=0.05. Controle= noch branden, noch bewerken Br= branden, Rd= diep rolschoffelen, RO= ondiep rolschoffelen, RRd= fel, diep rolschoffelen, RRO= fel, ondiep rolschoffelen, Wd= diep wiedeggen, Wo= ondiep wiedeggen.

Figuur 27 toont de stimulerende werking van vals zaaibedbewerkingen op nieuwe kieming (26/7-22/8= periode met grote schommelingen) en de geringe opkomst in de periode na de laatste vals zaaibedbehandeling (22/8) in de gebrande plots en na 5/9 in de controle plots hetgeen wijst op het belang van de uitputting van oppervlakkig gelegen zaadbank 0-8 mm).



Figuur 27: Knopkruidbezetting in de tijd voor diverse vals zaaibed voorbehandelingen (bestaande uit 5 opeenvolgende beurten met uitzondering van de controle): voorafgaand aan een vals zaaibedbehandelingsbeurt (T1, T2, T3, T4, T5), na de laatste beurt (T6 t.e.m. T10). In de periode tussen 16/8 en 14/9 werden Galinsoga planten bestreden in de controle plots om uitzaaing te voorkomen. Controle= noch branden, noch bewerken Br= branden, Rd= diep rolschoffelen, Ro= ondiep rolschoffelen, RRd= fel, diep rolschoffelen, RRo= fel, ondiep rolschoffelen, Wd= diep wiedeggen, Wo= ondiep wiedeggen.

5. Besluit en aanbevelingen

OV1.1. Is er een verband tussen de zaadbankgrootte aan knopkruidzaden en het gevoerde gewas- en bodembeheer? (WP1)

- Zaadbankgrootte van *Galinsoga* spp. is sterk perceels-afhankelijk.
- Percelen met grote onkruidzaadbanken bezitten doorgaans grote knopkruid-zaadvoorraden.
- Harig knopkruid (*Galinsoga quadriradiata*) is de meest dominante knopkruidsoort op biologische groentenpercelen.
- Het gevoerde gewas- en bodembeheer beïnvloedt de grootte van de *Galinsoga* zaadbank. De laagste zaadbankgrootte wordt aangetroffen in systemen met lage frequentie kerende bodembewerking en seizoenslange ("d.w.z. aanwezigheid gedurende het ganse knopkruidseizoen van 15/04 t.e.m. 15/11") aanwezigheid van vulkrachtige competitieve gewassen/groenbedekkers. Teeltsystemen met tijdelijke gras-klaver kennen een lage *Galinsoga* druk. Ook occasioneel ploegen is geassocieerd met geringe *Galinsoga* druk.

OV1.2. Is er een verband tussen de zaadbankgrootte aan knopkruidzaden en de bodemfysische, bodemchemische en bodembioologische eigenschappen van het perceel? (WP 1)

- De zaadbank aan *Galinsoga* spp. is groter in zandigere, humeuze bodems met goede drainagetoestand. Bovendien zijn bodems met meer arbusculaire mycorrhiza en minder plantbeschikbaar P minder rijk aan *Galinsoga* zaden.

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt hypothese H1 ondersteund:

"De zaadbankgrootte aan knopkruidzaden varieert van perceel tot perceel en is afhankelijk van de cultuurtechnische historiek en pedohydrologische eigenschappen van het perceel."

OV2.1. Verschillen knopkruidpopulaties in kiemingsbiologie en zaadlanglevendheid? (WP2)

- Galinsoga* populaties vertonen aanzienlijke variatie in max. kiemingsdiepte (tot factor 8 verschil) en persistentie (tot factor 3 verschil). Populaties welke ondieper kiemen benodigen meer licht voor kieming en zijn wellicht gemakkelijker te bestrijden.
- Galinsoga* is uitgesproken lichtbehoevend voor kieming en kent betere kieming in lichte zanderige bodemtextuur.
- Galinsoga parviflora* (kaal knopkruid) zaden zijn minder persistent dan *Galinsoga quadriradiata* zaden. Bovendien kennen verse *Galinsoga parviflora* zaden meer kiemrust en is hun kieming oppervlakkiger.

OV2.2. Is er een verband tussen het gevoerde perceelsbeheer en de kiemingsbiologie en zaadlanglevendheid van de aanwezige knopkruidpopulaties? (WP2)

- Er zijn geen aanduidingen dat het gevoerde gewas- en bodembeheer van invloed is op kiemingsbiologie en persistentie van *Galinsoga* populaties. Dit heeft vermoedelijk te maken met de hoge mate van afwisseling in geteelde gewassen, ingezette bestrijdingstechnieken,... welke doorgedreven selectiedruk op biologische groentenpercelen onmogelijk maakt.

OV2.3. Hoe groot is de aangetroffen variatie in kiemingsbiologie en langlevendheid van de zaden en in welke mate is deze belangrijk voor toekomstig beheer? (WP2)

- Galinsoga* populaties vertonen aanzienlijke variatie in max. kiemingsdiepte (tot factor 8 verschil) en zaadlanglevendheid (tot factor 3 verschil). Populaties welke ondieper kiemen of kortere zaadpersistentie vertonen zijn wellicht gemakkelijker te bestrijden.
- Kaal knopkruid (*Galinsoga parviflora*) kent een sterkere primaire dormantie (kiemrust aanwezig bij verse zaden), is thermofieler, is minder persistent (niveau zaad), kiemt ondieper. Dit betekent dat percelen met kaal knopkruid in principe gemakkelijker beheersbaar zouden moeten zijn dan percelen met harig knopkruid (*Galinsoga quadriradiata*)

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt hypothese H2 slechts gedeeltelijk ondersteund:

“Knopkruidpopulaties verschillen in kiemingsbiologie en zaadlanglevendheid. Dergelijke eigenschappen staan evenwel niet bloot aan selectiedruk vanwege het gevoerde perceelsbeheer.”

OV3.1. Hoe kunnen curatieve ingrepen geoptimaliseerd worden om knopkruiden maximaal te bestrijden zonder nieuwe kiemingsgolven te stimuleren? (WP3)

- Vals zaaibed bewerkingen (zowel mechanische als fysische bewerkingen) kunnen de veldbezetting van *Galinsoga* spp. significant verlagen.
- Vals zaaibed bewerkingen met minimale bodemverstoring resulteren in de laagste veldopkomst na vals zaaibed en dit ondanks de soms geringe zaadbankdepletie (0-5 cm) geassocieerd met dergelijke systemen. Dit is het geval voor stootbranden en voor ondiepe mechanische bewerkingen (1-2 cm). Intensier mechanisch bewerken en dieper bewerken, resulteren in hogere veldopkomsten na vals zaaibed en dit ondanks aanzienlijke zaadbankdepletie geassocieerd met dergelijke bewerkingen (0-5 cm). Laatstgenoemde systemen stimuleren kieming en bijgevolg depletie van de zaadvoorraad aan *Galinsoga* zaden maar brengen stevast nieuwe zaden in kiempositie. Om veldopkomst van *Galinsoga* na vals zaaibed te minimaliseren is

enkel uitputting van de oppervlakkige zaadbank (de toplaag 0-16mm) vereist en bovendien mag de laatste vals zaaibed bewerking voor zaai geen nieuwe *Galinsoga* zaden in kiempositie brengen. Concreet betekent dit dat de laatste bewerking niet dieper mag gebeuren dan 16 mm.

- Diepere mechanische bewerkingen (bewerkingsdiepte > 2 cm) resulteren vaak in grotere uitputting van de zaadbank 0-5 cm. Dergelijke vals zaaibed systemen zijn nuttig op langere termijn maar niet op korte termijn. Deze systemen slagen er niet in om de toplaag 0-16 mm dermate uit te putten dat *Galinsoga* veldopkomst fors verlaagd wordt, anderzijds kunnen zij de *Galinsoga* druk in volgteelten wel verlichten mits verrijking van de zaadbank voorkomen wordt en de bodem niet kerend bewerkt wordt. De voordelen van dieper schoffelen zijn m.a.w. enkel benutbaar op langere termijn.

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt hypothese H3 ondersteund:

“Curatieve knopkruid-bestrijdende ingrepen kunnen geoptimaliseerd worden op vlak van effectiviteit en preventie van nieuwe kiemingsgolven.”

AANBEVELINGEN: KNOPKRUIDONDERDRUKKENDE MAATREGELEN

- Beredeneer het gebruik van kerend bewerken. Ploegen is nuttig na een erg vervuilde teelt. Indien knopkruid succesvol onder controle gehouden is, is een niet-kerende bewerking aangewezen om de bestaande gewenste situatie te consolideren.
- Voorkom een te hoge P-toestand in de bodem via aangepaste bemesting. Een te hoge P-beschikbaarheid werkt de symbiose tussen het gewas en de micro-organismen (in het bijzonder arbusculaire mycorrhiza) in de wortelomgeving tegen en is vooral gunstig voor een vlotte kieming, groei en reproductie van *Galinsoga* spp..
- Vals zaaibed bewerkingen kunnen de veldbezetting aan knopkruid enkel drastisch verlagen indien niet bodemverstoring (branden= meest ideale vals zaaibed techniek) of minimaal bodemverstoring (ondiepe mechanische bewerking). Herbehandel steeds binnen de week om overleving van kiemende *Galinsoga* zaden te minimaliseren. Binnen mechanische bewerkingen heeft ondiep rolschoffelen de voorkeur op ondiep wiedeppen. Ondiep wiedeppen laat soms onvoldoende bestrijding opmerken.
- Voorkom felle bodemverstoring na beëindiging van het vals zaaibed. Zaaï met zorg en met minimale bodemverstoring zoniet ondermijn je de voordelen van het vals zaaibed.
- Om de oppervlakkige toplaag (bovenste 10 mm) maximaal uit te putten dient het vals zaaibed egaal, warm en vochtig, goed verkruid en goed aangedrukt te zijn. Onder dergelijke omstandigheden wordt kieming gestimuleerd en kan de mechanische bewerking nauwkeurig en op uniforme diepte gebeuren.
- Maak meer gebruik van dode mulch (laagdikte minimaal 5 mm dikte) om via lichtexclusie kieming van *Galinsoga* zaden te voorkomen. *Galinsoga* populaties vereisen immers licht voor kieming; op een diepte van meer dan 4 mm is er opvallend weinig kieming.
- Zorg dat er steeds gewenste begroeiing aanwezig is gedurende het ganse knopkruid seizoen lopende van 15 maart t.e.m. 15 november, en kies maximaal voor zwaardekkende, competitieve gewassen of teeltsystemen.
- Teel geen weinig competitieve gewassen op percelen met zware *Galinsoga* druk. Implementeer in dergelijke gevallen tijdelijk gras-klover. Het implementeren van 2 jaar tijdelijk grasland voorkomt al heel wat problemen met knopkruiden gezien de beperkte langlevendheid van *Galinsoga* zaden en hun hoge lichtbehoefte voor kieming. Teel weinig competitieve gewassen enkel op percelen met zeer geringe *Galinsoga* druk.
- Beschouw ook na-oogst uitputtingstrategieën (groenbedekkers, oppervlakkige na-oogst bodembewerkingen of repetitief branden) om *Galinsoga* druk in volgteelten te beperken. Slecht geïnstalleerde of slecht dekkende groenbedekkers kunnen eerdere inspanningen ter depletie van de zaadbank erg schaden.
- Maak maximaal gebruik van goed dekkende groenbedekkers.
- Bestrijd *Galinsoga* planten voordat ze leefbare zaden kunnen vormen. Door hun hoge zaadproductiecapaciteit en zaadlanglevendheid (3-4 jaar) zijn zij immers in staat om rijke zaadbanken op te bouwen. Let hierbij ook op het voorkomen van *Galinsoga* planten op kopeinden of langs vaste rijpaden.

6. Bronnen

- HAMPTON JG & TEKRONY DM (1995) *Handbook of Vigour Test Methods*. The International Seed Testing Association, Zürich, Switzerland.
- KNEZEVIC SZ, STREIBIG JC & RITS C (2007) Utilizing R software package for dose-response studies: the concept and data analysis. *Weed Technology***21**, 840-848.
- LONG RL, PANETTA DF, STEADMAN KJ *et al.* (2008) Seed persistence in the field may be predicted by laboratory-controlled aging. *Weed Science***56**, 523-528.
- RIEMENS MM & VAN DER WEIDE RY (2008) Biology and control of *Galinsogaparviflora*, Overview of a literature survey. Wageningen: Plant Research International B.V.
- TESTER M & MORRIS C (1987) The penetration of light through soil. *Plant, Cell and Environment***10**, 281-286.

7. BIJLAGEN

7.1. BIJLAGE 1: Materiaal en methoden bij bepaling van de bodemeigenschappen

Knopkruidproject

Materiaal en methoden bij bepaling van de bodemeigenschappen

**Thijs Vanden Nest, Koen Willekens, Bart Vandecasteele en Jane Debode
ILVO**

7.1.1. Fysische bodemeigenschappen

7.1.1.1. Belgische bodemclassificatie

Per perceel werd op basis van de gedetailleerde bodemkaart (www.geopunt.be) bepaald onder welke klasse de bodem op dit perceel (of staalnamepunt op het perceel) valt. De Belgische bodemclassificatie biedt aan de hand van een driedelige lettercode informatie over de bodemtextuur, de natuurlijke drainageklasse en de horizontenopeenvolging of profielontwikkeling. Een gedetailleerde beschrijving van deze klassen is terug te vinden in Van ranst en Sys (2000). Tabel 1 geeft een kort overzicht van de klassen. Door een sterke spreiding over Vlaanderen van de 50 bemonsterde biopercelen, zijn de meeste textuurklassen goed vertegenwoordigd. Enkel klasse U (zware klei) komt niet voor en van de klasse E (klei) komen slechts 2 percelen voor.

7.1.1.2. WRB bodemclassificatie

Via de gedetailleerde bodemkaart (www.geopunt.be) werd ook per perceel (of staalnamepunt op het perceel) bepaald tot welke WRB-bodemklasse het perceel behoort. De WRB (World Reference Base for Soil Resources) werd ontwikkeld door FAO om internationaal wetenschappelijke kennis over bodemklassen te kunnen uitwisselen. Het is de internationale referentie om bodems te klasseren. In Vlaanderen werd op basis van de studie van Dondeyne et al. (2014) op basis van de beschikbare bodemgegevens, de WRB-klasse van iedere bodem bepaald. Een beschrijving van de klassen is terug te vinden in bovenvermelde studie.

7.1.1.3. Bepaling van de zandfractie

De textuur van de bodem wordt bepaald door de gehalten aan klei (0-2 μm), leem (2-50 μm) en zand (>50 μm) bodempartikels. Hoewel de bodemtextuur wordt ingeschat op basis van het Belgische bodemclassificatiesysteem, zijn er nog relatief grote variaties binnen een klasse mogelijk en zijn er soms verschillen tussen de bodemkaart en de situatie op het terrein. Door bepaling van de grootte van de zandfractie in de bodemstalen wordt ook een inschatting gegeven van de bodemtextuur. Hoe hoger het zandgehalte, hoe lichter de bodemtextuur.

Tabel 1: Beknopt overzicht van de textuur- en drainageklassen en de types profielontwikkeling, volgens de Belgische bodemclassificatie (gebaseerd op Van Ranst en Sys, 2000).

Bodemtextuur	Drainageklassen*	Profielontwikkeling
Z zand	a (2) zeer droge gronden	a gronden met textuur B horizont (uitgeloogde bodems)
S lemig zand	b (2) droge gronden	b gronden met structuur (of met weinig duidelijke kleur) B horizont (bruine bodems)
P licht zandleem	c (1) zwak gleyige gronden (2) matig droge gronden	c gronden met sterk gevlekte (of met verbrokkelde) textuur B horizont (uitgeloogde bodems)
L zandleem	d (1) matig gleyige gronden (2) matig natte gronden	d gronden met geel-rode textuur B horizont (fossiele verweringsbodems)
A leem	e (1) sterk gleyige gronden met reductiehorizont (2) natte gronden	e gronden met zwartachtige A horizont (bodems met chernozemachtige bovengrond)
E klei	f (1) zeer sterk gleyige gronden met reductiehorizont (2) zeer natte gronden	f gronden met weinig duidelijke humus of/en ijzer B horizont (bruine Podzolachtige bodems)
U zware klei	g (1) gereduceerde gronden (2) uiterst natte gronden	g gronden met duidelijke humus en/of ijzer B horizont (Podzolen)
	h (1) sterk gleyige gronden (2) natte gronden met relatief hoge ligging	h gronden met verbrokkelde humus en/of ijzer B horizont (Postpodzolen)
	i (1) zeer sterk gleyige gronden (2) zeer natte gronden met relatief hoge ligging	m gronden met diepe antropogene humus A horizont (Plaggengronden, antropogene bodems)
		p gronden zonder profielontwikkeling (alluviale en colluviale bodems)
		x gronden met niet bepaalde profielontwikkeling (ondiepe leem-ofzandleemdekkingen en ontsluitingen van Tertiaire klei)

*De morfologische definitie van de draineringsklassen hangt af van de textuur van het materiaal; we onderscheiden twee grote groepen: deze van de zware texturen (**A, L, E, U, G**) en deze van de lichte texturen (**Z, S, P**). De hieronder volgende definities van de draineringsklassen worden gegeven door de zware texturen na (1) en voor de lichte texturen na (2).

7.1.2. Chemische bodemeigenschappen

Het totale koolstofgehalte (OC) werd gemeten op ovengedroogde (70 °C) bodemstalen door droge verbranding bij 1050 °C met een Skalar Primacs SLC TOC-analysetoestel overeenkomstig ISO 10694. Het totale stikstofgehalte (N_{tot}) werd bepaald door droge verbranding (Dumas principe) met een Thermo flash 4000 overeenkomstig ISO 13878. Zowel het totale koolstof- als het totale stikstofgehalte zijn een maat voor het bodem organische stofgehalte. De verhouding tussen beide gehalten (C:N) is een maat voor de stabilisatie of humificatie van de bodem organische stof. Bodemrespiratie (opname van zuurstof (O₂) en vrijstelling van koolzuurgas (CO₂)) reflecteert de aerobe afbraak van organisch materiaal door de microbiële activiteit in de bodem met een verlies aan koolstof. Gestabiliseerde bodem organische stof bevat daardoor een beduidend lagere C:N verhouding dan vers organisch materiaal. De zuurtegraad van de bodem (pH) werd potentiometrisch gemeten in een 1M KCl oplossing (1:5 v/v) overeenkomstig ISO 10390.

Minerale N, ammonium-N (NH₄⁺-N) en nitraat-N (NO₃⁻-N), werd geëxtraheerd (1:5 w/v) in een 1 M KCl-oplossing overeenkomstig ISO 14256-2 en gemeten met een skalar SAN++ continuous flow analyzer. Het bodemvochtgehalte werd bepaald als het gewichtsverlies bij 105°C. Het heet-water-extraheerbare koolstof- en fosforgehalte (HWC en HWP) werden bepaald volgens de methode van Haynes and Francis (1993). Bodemmonsters (equivalent met 5 g oven droog gewicht) werden ingewogen in 50 ml polypropyleen centrifugebuisjes en 25 ml gedemineraliseerd water werd toegevoegd. De busjes werden afgesloten en gedurende 16 h in een heetwaterbad geplaatst bij 70 °C. Op het einde van de extractieperiode werden deze busjes gecentrifugeerd en het supernatant werd gefilterd doorheen door een Machery-Nagel mn640d filter. C en P in de extracten werden gemeten met ICP-OES (VISTA-PRO, Varian, Palo Alto, CA). HWC is een indicator voor de gemakkelijk afbreekbare C in de bodem en is hierdoor potentieel een goede indicator voor de microbiële biomassa. Bij deze analyse wordt ook standaard de HWP, een maat voor snel beschikbare P gemeten (Vanden Nest et al., 2015). P-CaCl₂ is een meer gebruikelijke maat voor de direct voor de plant opneembare P dan HWP (Djordjic and Mattsson, 2013; Hesketh and Brookes, 2000). P-CaCl₂ werd gemeten met een ICP-OES meettoestel (Varian Vista-pro axial) na uitschudden (165 rpm) van 10,0 g verse bodem met 100 ml van een 0,01 M CaCl₂-oplossing gedurende 2 uur in gesloten donker gekleurde polypropyleen 250 ml flesjes, en filtratie over een Machery Nagel 640w filter (NEN 5704, 1996). De voor de plant beschikbare voedingsstoffenreserve (P, Ca, Mg, K, Na, Fe en Mn) werd bepaald door het uitschudden van 5,0 g luchtdroge grond met 100 ml ammoniumlactaat gedurende 4 uur (Egnèr et al., 1960) en gebruik makende van een CCD simultaan ICP-OES meettoestel (VISTA-PRO, Varian, Palo Alto, CA). Ca:Mg is de verhouding waarin beide kationen het negatieve ladingsoppervlak van het bodemcomplex (kationenuitwisselingscapaciteit, cation exchange capacity (CEC)) bezetten. Ca:Mg is ervoor bepalend hoe los of vast de bodem is. Relatief meer Ca resulteert in een lossere bodem die meer zuurstof bevat en makkelijker draineert, hetgeen bevorderlijk

is voor de aerobe afbraak van organisch materiaal. Verhoudingsgewijs meer Mg resulteert in een meer compacte bodem waardoor drainage en gasuitwisseling bemoeilijkt wordt. De bodem bevat dan minder zuurstof zodat het organisch materiaal eerder fermenteert. Verhoudingsgewijs kan er in de bodem ook te veel Ca voorkomen op het complex met als gevolg een te losse bodemstructuur. De optimale Ca:Mg is nog afhankelijk van de textuur en ligt hoger voor de zwaardere bodems (bv. klei, leem) en lager voor de lichtere bodems (bv. lemig zand, zand).

7.1.3. Bodemleven analyse

7.1.3.1. RUSCH-test

Met de RUSCH-test wordt het aantal bacteriën in een bodemextract onder de microscoop geteld. De bacteriën worden op twee verschillende manieren uit de bodem geëxtraheerd. Het extractiemiddel van techniek 1 is een fysiologische zoutoplossing, wat het tellen en detecteren van coccen mogelijk maakt (t_1). Deze coccen zijn bacteriën die instaan voor de vertering van vers organisch materiaal. Het extractiemiddel van techniek 2 is dezelfde zoutoplossing waaraan suikers worden toegevoegd. Hiermee wordt de afgifte van exudaten door de wortels in de bodem nagebootst wat resulteert in een activering van staafjesvormige, voor de plantengroei nuttige bacteriën. Met deze techniek worden zowel de coccen als de staafjes geteld (t_2). ' t_1 ' is een maat voor afbraakactiviteit, terwijl ' t_2-t_1 ' een maat is voor het nuttige bodemleven in de 'rhizosfeer'. Des te groter het verschil ' t_2-t_1 ', des te meer begunstigt de bodemtoestand wortelactiviteit en gewasontwikkeling. Afbraakactiviteit (t_1) is evenwel de uitgangsbasis voor latere activiteit in de rhizosfeer (t_2-t_1). ' t_2-t_1 ' duidt op de actuele bodemvruchtbaarheid terwijl ' t_1 ' toekomstige bodemvruchtbaarheid inhoudt. Hoe lager de verhouding ' t_2/t_1 ' hoe groter de kans op groeiremming omdat wortelvorming niet vlot in een bodem met veel afbraakactiviteit. ' t_2/t_1 ' dient 3 of meer te bedragen om groeiremming uit te sluiten. ' $t_2/t_1 < 1.5$ ' duidt op (erg) sterke groeiremming. ' $t_2-t_1 < 100$ ' op een zwakke rhizosfeer en ' $t_2-t_1 > 150$ ' op een sterke rhizosfeer.



Figuur 1: Geïncubeerde bodem zonder en met suikeroplossing, resp. technieken 1 en 2 van de RUSCH-test

7.1.3.2. Alternatieve RUSCH-test via bio-elektronische metingen (Vanhoof, 2014)

Aangezien er geen lab meer is dat de Rusch test voor routinemetingen aanbiedt, ontwikkelde Vanhoof een alternatieve Rusch test, gebaseerd op metingen van pH, EC en Eh voor en na korte incubaties van 22u. Er worden 3 oplossingen gemaakt van bodem in gedestilleerd water die na 2u en 24u worden opgemeten. Oplossing 1 bevat alleen water en grond en gaat na de eerste meting na 2u in een broedstoof op 27°C gedurende 22u. In deze oplossing kunnen zich de bacteriën ontwikkelen, die organische stof afbreken. Oplossing 2 bevat naast dezelfde verhoudingen tussen grond en gedestilleerd water ook 250 mg glucose en 250 mg lactose en gaat na de eerste meting ook in een broedstoof op 27°C gedurende 22u. In deze oplossing kunnen naast de afbraakbacteriën, ook de symbionten van de rhizosfeer ontwikkelen. Door toevoegen van suiker wordt tijdens de test het effect van de plant op het bodemleven, nl. wortellexudatie van suiker nagebootst. Oplossing 3 is net dezelfde als oplossing 2, maar gaat na de eerste meting in een broedstoof op 45°C gedurende 22u. Bij die temperatuur kunnen enkel de hoogwaardige melkzuurbacteriën en sommige thermofielen zich verder ontwikkelen. Alle andere bacteriën worden inactief bij die temperatuur.

Om te beoordelen hoeveel bacteriën er ontwikkelen in de 3 oplossingen, wordt het verschil tussen het redoxpotentiaal van de eerste meting na 2u incubatie en die van de tweede meting na 22u incubatie berekend. Daarbij betekent een felle daling van het redoxpotentiaal een groot zuurstofverbruik, wat onrechtstreeks aangeeft dat er veel aerobe micro-organismen in de oplossing ademen. Als de redoxpotentiaal nauwelijks daalt toont dat een zwakke ontwikkeling van aerobe micro-organismen aan. Het verschil in EC tussen

oplossingen 1 en 2 (parameter EC 27°C + S - EC 27°C) na bebroeden laat toe te beoordelen of de micro-organismen in de oplossingen voedsel vrijmaken voor de plant of niet. Als er voedsel vrijkomt, stijgt de EC. Aan de hand van de verandering in pH (parameters verschil pH 27°C, verschil pH 27°C+S en verschil pH 45°C+S), kan bekeken worden in welke mate de bacteriën de oplossing gaan verzuren. Bij een felle daling van de pH gaat het vooral om melkzuurbacteriën, terwijl een stijging van de pH in de oplossing zonder suiker typisch is voor rottingsbacteriën.

7.1.3.3. Bepaling van microbiële biomassa op basis van fosfolipide vetzuren: PLFA

Met deze methode worden de fosfolipide vetzuren (phospholipid fatty acids of PLFA's) aanwezig in een bodemstaal geanalyseerd door middel van gaschromatografie. Fosfolipide vetzuren zijn aanwezig in alle membranen van levende wezens en bepaalde vetzuren zijn specifiek voor bepaalde microbiële groepen. De beschouwde groepen zijn de grampositieve en gramnegatieve bacteriën, de actinomyceten, de schimmels en de mycorrhize schimmels (arbusculaire mycorrhiza (AM)). De resultaten geven niet alleen informatie over de aanwezigheid van een aantal functionele groepen van het bodemvoedselweb, maar geven ook informatie over de totale microbiële biomassa in de bodem en de schimmel-bacterie verhouding. PLFA's worden aanzien als belangrijke indicatoren voor bodemgezondheid (Sathya et al., 2016) en deze methode werd op ILVO al in verschillende veld- en potexperimenten gebruikt (Debode et al., 2016, D'Hose et al., 2016; Ebrahimi et al., 2016; Willekens et al., 2014), waarbij verschillen konden aangetoond worden tussen varianten qua bodembeheer en samenstelling van teeltsubstraat.

7.1.4. Bronnen

- Debode, J., De Tender, C., Soltaninejad, S., Van Malderghem, C., Haegeman, A., Van der Linden, I., Cottyn, B., Heyndrickx, M. en Maes, M. (2016) Chitin Mixed in Potting Soil Alters Lettuce Growth, the Survival of Zoonotic Bacteria on the Leaves and Associated Rhizosphere Microbiology. *Frontiers in microbiology* 7.
- D'Hose, T., Ruyschaert, G., Viaene, N., Debode, J., Vanden Nest, T., Van Vaerenbergh, J., Cornelis, W., Willekens, K. en Vandecasteele, B. (2016) Farm compost amendment and non-inversion tillage improve soil quality without increasing the risk for N and P leaching. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 225, 126-139.
- Djodjic, F. en Mattsson, L. (2013) Changes in plant-available and easily soluble phosphorus within 1year after P amendment. *Soil Use and Management* 29, 45-54.
- Dondeyne, S., Vanierschot, L., Langohr, R., Van Ranst, E., Deckers, J., 2014. The soil map of the Flemish region converted to the 3rd edition of the World Reference Base for soil resources, UGent en KULeuven, 139pp.
- Ebrahimi, N., Viaene, N., Vandecasteele, B., D'Hose, T., Debode, J., Cremelie, P., De Tender, C. en Moens, M. (2016) Traditional and new soil amendments reduce survival and reproduction of potato cyst nematodes, except for biochar. *Applied Soil Ecology* 107, 191-204.
- Egnèr, H., Riehm, H. en Domingo, W.R. (1960) Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Annals of the Royal Agricultural College of Sweden* 26, 199-215.
- Hesketh, N. en Brookes, P. C. (2000) Development of an indicator for risk of phosphorus leaching. *Journal of Environmental Quality* 29, 105-110.
- Rusch, H.P. (2014) Bodemvruchtbaarheid, een zaak van biologisch denken. Eerste Nederlandstalige druk. *Organic Forest Polska – Peter Vanhoof*, 356 p.
- Sathya, A., Vijayabharathi, R. and Gopalakrishnan, S. (2016). Soil Microbes: The Invisible Managers of Soil Fertility. In *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity* (pp. 1-16).
- Vanden Nest, T., Ruyschaert, G., Vandecasteele, B., Cougnon, M., Merckx, R., en Reheul, D. (2015) P availability and P leaching after reducing the mineral P fertilization and the use of digestate products as new organic fertilizers in a 4-year field trial with high P status. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 202, 56-67.
- Vanhoof, P., Bodem Vitaliteitstest, www.organic-forest.eu/NL_BVV_test, 2018
- Van Ranst, E., Sys, C., 2000. Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen (Schaal 1:20 000), UGent, Gent, 361pp.
- Willekens, K., Vandecasteele B., Buchan, D. en De Neve, S. (2014) Soil quality is positively affected by reduced tillage and compost in an intensive vegetable cropping system. *Applied Soil Ecology* 82, 61–71.

7.2. BIJLAGE 2: Verband tussen bodemeigenschappen en de bodembio­logie in 50 biopercelen.

BIJLAGE 2

Knopkruidproject

Verband tussen bodemeigenschappen en de bodembio­logie in 50 biopercelen

Thijs Vanden Nest & Koen Willekens

ILVO

7.2.1. Selectie van parameters

In het kader van dit project werden, verspreid over Vlaanderen en verschillende bodemtypes, bodemstalen genomen van de bouwvoor van 50 biologische percelen. Op deze bodemstalen werden in totaal meer dan 30 parameters bepaald, klassieke chemische bodemeigenschappen, berekende parameters, parameters ter beschrijving van de bodembiologie op basis van PLFA extracties en op basis van korte incubaties, volgens de Bodem Vitaliteitstest van Vanhoof (BVV-test). Doordat deze dataset erg uitgebreid is en veel informatie bevat, is hij geschikt om op deze percelen te zoeken naar verbanden tussen klassieke bodemeigenschappen en de bodembiologie, maar ook naar het effect van management (type mest of type bodembewerking) op deze eigenschappen en de biologie. Met andere woorden wat is het verband tussen klassieke bodemparameters, bodemleven en bodemmanagement? Omdat een aantal parameters van nature gecorreleerd zijn of (gedeeltelijk) dezelfde informatie bieden, werd eens selectie gemaakt voor verdere analyse, hetgeen hieronder verduidelijkt wordt.

7.2.1.1. Chemische bodemeigenschappen

Via de meest klassieke bodemparameters OC (totale organische C) en pH-KCl (bodempH) heeft men een snel overzicht van de bodemtoestand. Ook N_{tot} (totale N-gehalte) geeft informatie over de bodemgesteldheid. Bodems met veel organische koolstof bevatten gewoonlijk ook meer N in organische vorm en daarmee ook een hoger N_{tot} -gehalte. De typische C/N ratio bedraagt ongeveer 10 voor een gezonde landbouwbodem. HWC (hot water extractable C) is een parameter die minder bekend is, maar vaak in de bodemkunde wordt gehanteerd om sneller verschillen op te merken tussen behandelingen in proeven. HWC reageert sneller dan OC op een veranderend management. HWC is gewoonlijk ook positief gecorreleerd met bodemactiviteit.

In België en een aantal Europese landen, wordt de ammoniumlactaat extractie gebruikt om een inschatting te geven van de voorraad aan voor de plant beschikbare nutriënten P, K, Mg, Ca, Na en Mn. Bemestingsadvies kan hierop gebaseerd worden. Omdat dit vooral door de balans tussen historische aanvoer van nutriënten en nutriëntenexport door gewassen + eventuele verliezen wordt bepaald, is dit minder toe te wijzen aan management of bodemleven. Ze worden hier niet geselecteerd voor verdere analyse. De verhouding Ca:Mg (in equivalenten), wordt echter wel opgenomen in de dataset. Deze ratio zou een indirecte inschatting kunnen geven van het risico op compactie en slempgevoeligheid van bodems. P-CaCl₂ (0,01M CaCl₂ extraheerbaar P) en HWP (hot water extractable P) zijn parameters die een inschatting geven van de snel beschikbare P in de bodem en/of de P in bodemoplossing. Beide parameters zijn gewoonlijk sterk gecorreleerd. Hoewel P-CaCl₂ veel wijder verspreid is (bemestingsadvies en wetenschappelijk onderzoek) dan HWP, selecteren we toch HWP. HWP is gewoonlijk een stabielere parameter, die minder schommelt doorheen het seizoen en dus minder beïnvloed wordt door het staalnametijdstip.

7.2.1.2. Biologische bodemeigenschappen

De samenstelling en activiteit van het bodemmicrobioom werd hier ingeschat op basis van de BVV-test (versie 2014) en PLFA-extracties. De BVV-test bestaat uit een aantal incubaties bij 27 en 45°C, al dan niet met toevoeging van suikers en waarbij informatie wordt gehaald uit de verandering in pH, EC en Eh tijdens de incubaties. We selecteren hier de parameters EC27°C+S - EC27°C, Verschil pH 27°C+S en Verschil Eh 27°C+S:

EC 27°C+S – EC 27°C; Deze parameter is het verschil in EC bij een additie van suiker na 22 u incubatie bij 27°C, verminderd met het verschil in EC na 22 u incubatie bij 27°C zonder suikeradditie. Bij een incubatie bij 27°C zonder suikeradditie weerspiegelt de toename van de EC enkel de activiteit van de afbraakbacteriën in de bodem. Wanneer er suiker wordt toegevoegd, weerspiegelt de toename van de EC bijkomend de activiteit van symbionten, die in de rhizosfeer actief wateroplosbare nutriënten voor de planten vrijmaken uit humus en bodemmineralen. Hoe sterker de EC stijgt, hoe meer nutriënten door de symbionten voor de plant kunnen vrijgemaakt worden.

Verschil pH 27°C+S; Deze parameter geeft aan wat het verschil is in pH na 22 u incubatie bij 27°C en suikeradditie. Wanneer de pH stijgt, zijn er waarschijnlijk meetfouten gemaakt. Wanneer de pH daalt, zijn vooral melkzuurbacteriën actief.

Verschil Eh 27°C+S; Deze parameter geeft aan wat het verschil is in Eh na 22 u incubatie bij 27°C en suikeradditie. Hoe sterker de Eh of redoxpotentiaal daalt, hoe meer O₂-verbruik er is door de aerobe bacteriën in de bodem. Een zwak O₂-verbruik kan duiden op een activiteit van anaerobe bacteriën, of een gebrek aan activiteit van aerobe bacteriën.

Totale biomassa en Totale AM fungi; Door extractie van PLFA's (Phospholipid-derived fatty acids) uit bodemstalen, bekomt men een mengsel van vetzuren die gebruikt kunnen worden als fingerprint van het microbiële leven. Op basis van de aanwezigheid en concentratie van welbepaalde vetzuren in het extract die bouwstenen zijn van de celmembranen van Gram-, Gram+ bacteriën, AM fungi of andere fungi, kan er bepaald worden in welke mate deze functionele groepen aanwezig zijn in het bodemvoedselweb. De Totale biomassa is een indicator voor de hoeveelheid microbiële leven in de bodem op basis van de hoeveelheid vetzuren uit microbiële leven. De Totale AM fungi geeft weer hoeveel arbusculaire mycorhizen aanwezig zijn in de bodem. **B:F** is een ratio van de hoeveelheid bacteriën over de hoeveelheid fungi op basis van de vetzuren.

7.2.1.3. Bodemtype

Bodems worden klassiek ingedeeld volgens de bodemtextuur en naargelang het klei, zand en leemgehalte. Op basis van de ligging van het perceel en de gedetailleerde bodemkaart was het mogelijk om de bodemtextuur te bepalen voor ieder perceel/staal. Het is echter zo dat er nog steeds verschillen op het terrein zijn in textuur of dat bodems wel tot eenzelfde textuurklasse behoren, maar dat ze soms nauwer aansluiten bij bodems van een andere textuurklasse. Bv.

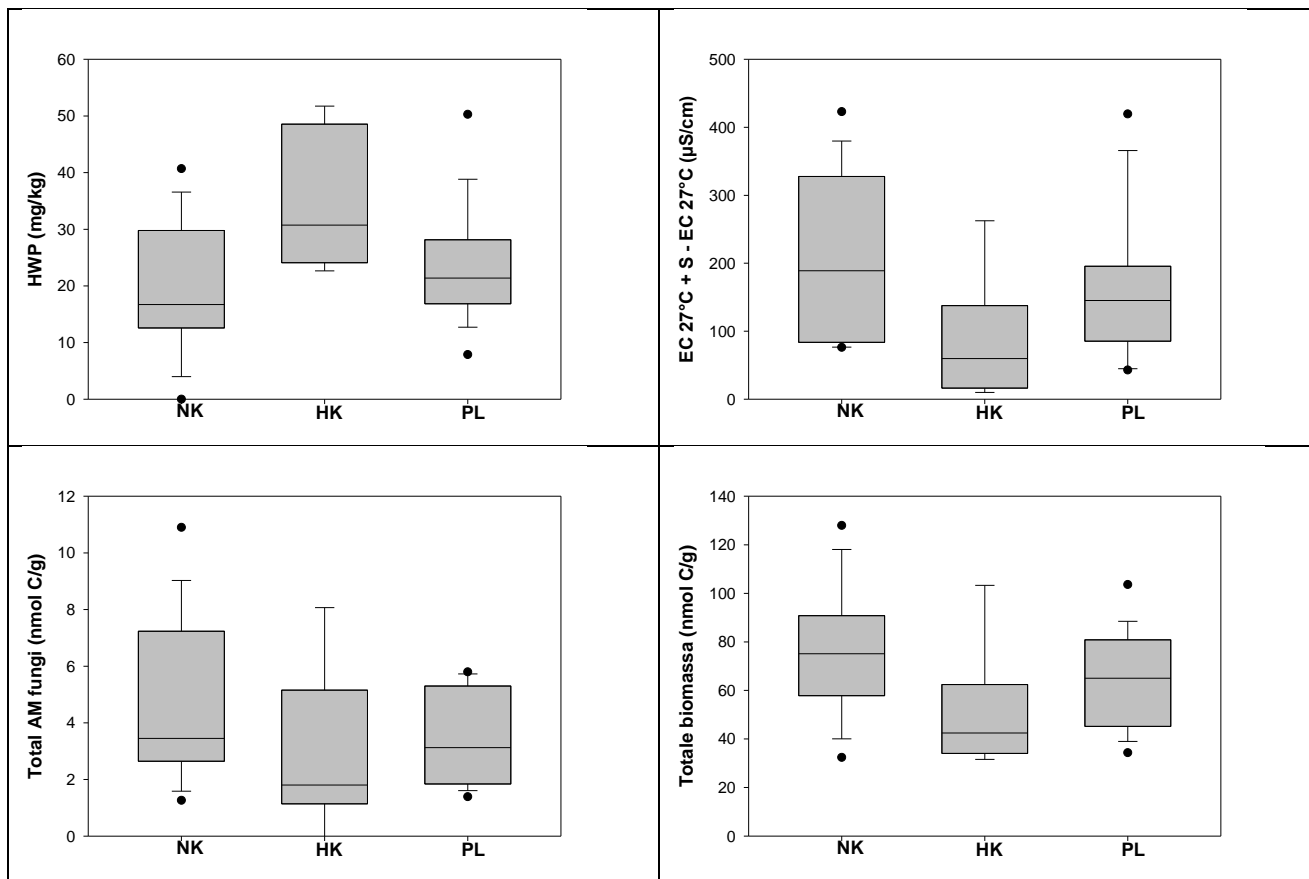
Bodems A en B zijn beide zandleembodems, maar verschillen sterker van elkaar dan dat bodem B verschilt van een bodem C die geklasseerd staat onder lemig zand. Daarom werd hier de zandfractie (het aandeel bodempartikels >50 µm) gehanteerd als een bodemparameter om textuur gedeeltelijk in te schatten. Hoe groter de zandfractie, hoe lichter de textuur.

7.2.2. *Invloed van het bodemmanagement op de bodemeigenschappen*

Voor elk van de bovenstaande parameters werd bekeken in welke mate dat ze beïnvloed werden door de bodembewerking en het type (organische) mest dat als basisbemesting op het perceel wordt gebruikt.

7.2.2.1. Bodembewerking

Bij het bemonsteren van de percelen werd genoteerd, wat er de standaard bodembewerkingstechniek is. Er werden 3 categorieën gemaakt: PL (ploegen), HK (half-kerend, bv. spitmachine) en NK (niet-kerend). Het aantal percelen met PL, HK en NK was respectievelijk 18, 6 en 17. Van 9 percelen is niet bekend wat de standaard bodembewerkingstechniek is. Er werden per geselecteerde parameter boxplots gegenereerd. Een ANOVA werd uitgevoerd op de parameters HWP, EC27°C+S - EC27°C, totale AM fungi en totale biomassa uitgevoerd (voldaan voor alle parameters aan Homoscedasticiteit en normaliteit). Voor de andere parameters leek er op basis van de boxplots geen verband te zijn met de bodembewerking. De invloed van de bodembewerking op de bodemparameters was beperkt. Het viel op in de boxplots (zie Figuur 1) dat HK werken een trend had tot een lagere totale biomassa, AM fungi en vrijstelling van voedingsmiddelen (EC 27°C + S – EC 27°C) in vergelijking met PL en NK, maar via ANOVA werden er geen significante verschillen vastgesteld. Er was evenwel een significant effect van de bodembewerking op HWP (NK^a 19,3 mg/kg < PL^{ab} 23,4 mg/kg < HK^b 34,7 mg/kg), volgens de Scheffé-test (p<0,05, houdt rekening met een verschillend aantal herhalingen tussen groepen). Dit kan een louter toevallig effect zijn (slechts 6 percelen voor HK), maar er kan ook een indirect verband zijn tussen deze parameters. In bodems met meer beschikbaar P (HWP) worden AM fungi en symbiotische bacteriën minder gestimuleerd door het gewas. Het gewas kan immers zonder samenwerking met de bodembiologie in de rhizosfeer beschikken over voldoende opneembare P. HK werken leidt op zich wellicht niet tot een hoger HWP-gehalte, maar een mogelijk hogere input aan organische meststoffen of minder gebalanceerde meststoffen (hogere P-gehalte) op bedrijven met HK bodembewerking kan de hogere HWP verklaren in combinatie met een trend voor een lagere hoeveelheid AM fungi en bodemleven.

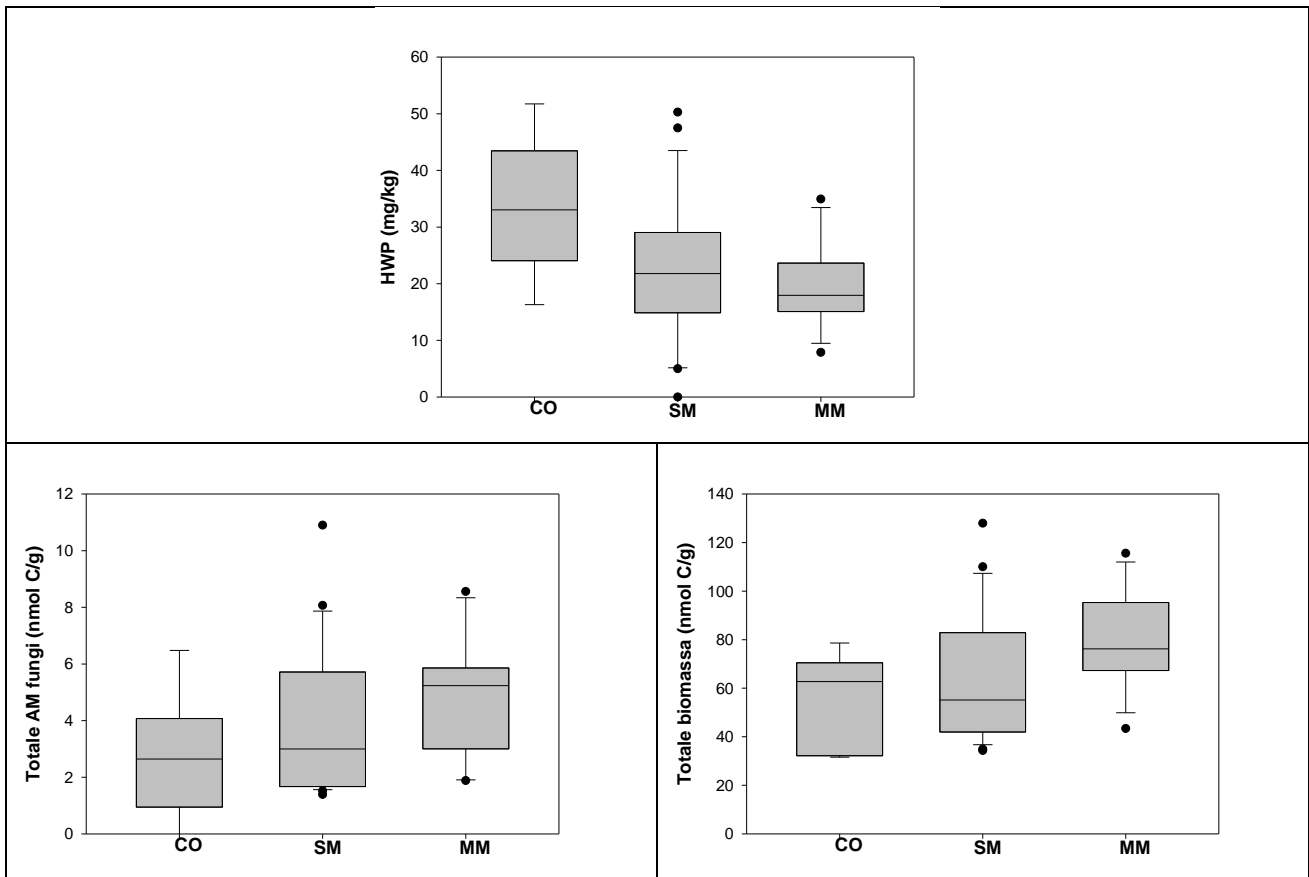


Figuur 1: Boxplots per categorie van bodembewerking (PL: ploegen; HK: half-kerend; NK: niet-kerend) voor de parameters HWP (hot water extractable P), EC_{27°C}+S - EC_{27°C} (verschil in EC na incubatie bij 27°C met en zonder toevoeging van suikers), totale AM fungi: totale biomassa aan arbusculaire mycorrhizen zoals bepaald met de PLFA methode en totale biomassa (totale biomassa aan microbieel leven zoals bepaald met de PLFA methode). De box omvat 25-75 percentiel, de horizontale lijn geeft de mediaan aan en de foutenvlag het 10-90 percentiel.

7.2.2.2. Bemesting

Bij het bemonsteren van de percelen werd genoteerd, welke organische basisbemesting als standaard werd aangewend. Er werden 3 categorieën gemaakt: CO (compost), SM (stalmest) en MM (mengmest). Het aantal percelen met CO, SM en MM was respectievelijk 6, 23 en 12. Van 9 percelen is niet bekend wat de standaard organische bemesting is. Er werden per geselecteerde parameter boxplots getekend. Er werd een ANOVA uitgevoerd op de parameters HWP, totale AM fungi en totale biomassa uitgevoerd (voldaan voor alle parameters aan Homoscedasticiteit en normaliteit). Voor de andere parameters leek er op basis van de boxplots geen verband te zijn met de bemesting. Op basis van de boxplots lijkt het erop dat het gebruik van compost als basisbemesting samen gaat met de laagste hoeveelheid AM fungi en totale biomassa aan microbieel bodemleven (zie Figuur 2). De verschillen tussen de bemestingstypes zijn volgens de ANOVA-analyses evenwel niet significant en dus ook enkel een trend. Bij HWP wordt de omgekeerde trend geobserveerd, namelijk dat de hoogste HWP-gehalten worden opgemeten in die percelen waar compost als basisbemesting wordt gebruikt. Voor de parameter HWP is dit ook significant (MM 19,4 mg/kg < SM 22,6 mg/kg < CO 33,6 mg/kg) volgens de ANOVA-analyse. Opnieuw wijst dit er op dat

een hogere hoeveelheid snel beschikbare P, kan leiden tot een verlaging van de microbiële biomassa en activiteit van AM fungi in de bodem.



Figuur 2: Boxplots per categorie van bemesting (CO: compost; SM: stalmest; MM: mengmest) voor de parameters HWP (hot water extractable P), totale AM fungi: totale biomassa aan arbusculaire mycorhizen zoals bepaald met de PLFA methode en totale biomassa (totale biomassa aan microbieel leven zoals bepaald met de PLFA methode). De box omvat 25-75 percentiel, de horizontale lijn geeft de mediaan aan en de foutenvlag het 10-90 percentiel.

Een mogelijke verklaring voor deze observatie kan zijn dat door een hogere dosering van (stikstof met) compost er ook meer fosfor toekomt, wat op langere termijn zou kunnen leiden tot een sterkere opbouw van de P-voorraad in de bodem. Uit de dataset blijkt inderdaad dat P-AL zich verhoudt als MM 35 mg P/100g < SM 42 mg P/100g < CO 46 mg P/100g. De verschillen tussen de groepen zijn evenwel niet significant. HWP is significant gecorreleerd met P-AL ($r = 0,69$, $p < 0,05$), wat aangeeft dat de P-beschikbaarheid toeneemt met een toenemende voorraad aan P. Hoewel de P beschikbaarheid door meerdere factoren wordt bepaald is dit op zich geen bijzondere observatie. De P-AL liggen in de meeste van de percelen erg hoog (12-18 mg P/100g luchtdroge bodem) wordt aanzien als de streefwaarde volgens Bodemkundige Dienst van België). De eigenschappen van het element P zorgen ervoor dat bij een hoge P-voorraad (> 18 mg P/100g luchtdroge bodem) de P beschikbaarheid sterk kan toenemen, bij een beperkte P input via de bemesting.

7.2.3. Verbanden tussen chemische en biologische bodemeigenschappen

De verbanden tussen managementfactoren bodembewerking en bemesting en de geselecteerde parameters is relatief zwak. Er spelen immers veel meer factoren mee, en bovendien laten de categorieën van bodembewerking en bemesting te weinig nuance zien. De praktijk bevindt zich regelmatig ergens tussen 2 categorieën, of periode waarin een bepaald management werd gevolgd is nog maar sinds een korte periode van toepassing. Het is ook interessant om te zoeken naar verbanden tussen chemische en biologische bodemeigenschappen. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van een correlatiematrix tussen alle geselecteerde parameters. De van nature vanzelfsprekende correlaties tussen bv. HWC ~ OC of Ntot ~ OC en de niet significante correlaties worden hierna niet besproken.

Tabel 1: Correlatiematrix met indicatie van de correlatiecoëfficiënt van een aantal geselecteerde bodemeigenschappen en enkele beschrijvende parameters van het bodemleven in 50 bemonsterde biopercelen (0 – 30 cm). De statistisch significante correlatiecoëfficiënten ($p < 0,05$) zijn gemarkeerd in rood (OC: organische C; HWC: hot water extractable C, Ntot: totale N-gehalte, HWP: hot water extractable P, EC27°C+S - EC27°C: verschil in EC na incubatie bij 27°C met en zonder toevoeging van suikers; verschil pH 27°C+S: verandering in pH voor en na incubatie bij 27°C met toevoeging van suiker; verschil Eh 27°C+S: verandering in Eh voor en na incubatie bij 27°C met toevoeging van suiker; totale AM fungi: totale biomassa aan arbusculaire mycorhizen zoals bepaald met de PLFA methode; totale biomassa: totale biomassa aan microbieel leven zoals bepaald met de PLFA methode; B:F: bacterie-schimmelverhouding; zandfractie: % bodempartikels >50 µm).

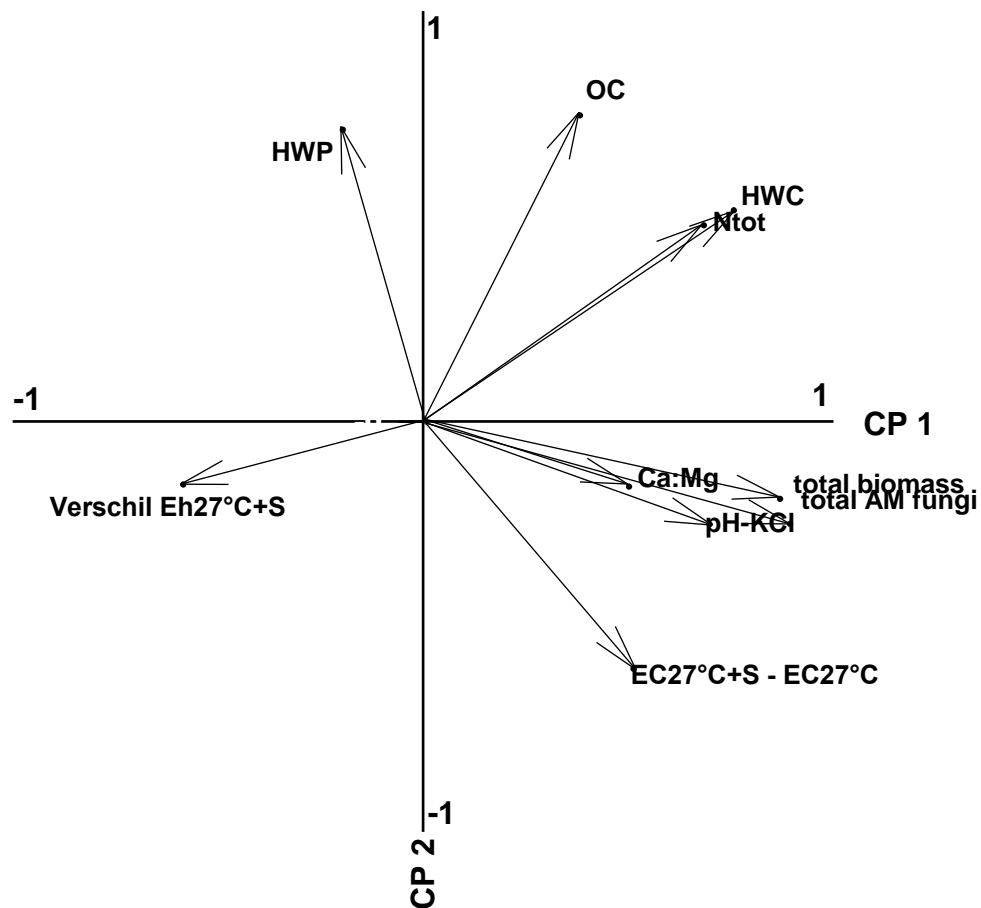
	OC											
pH-KCl	0,13	pH-KCl										
HWC	0,59	0,34	HWC									
Ntot	0,60	0,27	0,70	Ntot								
Ca:Mg	0,16	0,36	0,16	0,21	Ca:Mg							
HWP	0,30	-0,22	0,13	0,13	-0,08	HWP						
EC27°C+S - EC27°C	-0,22	0,49	0,04	0,15	0,30	-0,35	EC27°C+S - EC27°C					
verschil pH 27°C+S	0,04	-0,68	-0,27	-0,27	-0,17	0,26	-0,69	verschil pH 27°C+S				
verschil Eh 27°C+S	-0,11	-0,42	-0,59	-0,27	-0,13	-0,09	-0,18	0,17	verschil Eh 27°C+S			
Totale AM fungi	0,11	0,63	0,55	0,45	0,45	-0,32	0,53	-0,58	-0,46	Totale AM fungi		
Totale biomassa	0,18	0,48	0,58	0,53	0,39	-0,38	0,48	-0,47	-0,36	0,88	Totale biomassa	
B:F	0,24	-0,26	-0,09	-0,05	-0,25	0,17	-0,39	0,26	0,26	-0,44	-0,48	B:F
zandfractie	0,29	-0,45	0,05	0,06	0,10	0,37	-0,49	0,39	0,24	-0,35	-0,35	0,38

Organische koolstof (OC) is niet gecorreleerd aan de hoeveelheid microbieel leven (Totale AM fungi en totale biomassa) of aan de microbiële activiteit (EC 27°C +S - EC 27°C, Verschil pH 27°C +S en Verschil Eh 27°C +S). HWC en Ntot zijn echter wel gecorreleerd aan totale AM fungi en totale biomassa, maar niet aan hun activiteit. Dit geeft dus aan dat bodems meer organische koolstof, niet noodzakelijk meer microbieel leven en/of activiteit omvatten. HWC blijkt echter wel een goede parameter om de hoeveelheid totale AM fungi en totale biomassa in te schatten.

Het valt op dat de totale AM fungi en totale biomassa positief gecorreleerd zijn aan pH-KCl en Ca:Mg en negatief gecorreleerd aan HWP. Op 11 percelen na lag de pH-KCl van de bodems lager dan 6,5. Maatregelen die de bodem bufferen tegen verzuring (bv. composttoepassing) of gewone bekalking, leiden dus tot minder zure bodems en daarmee ook bodems met meer microbiële biomassa en activiteit van AM fungi. Bij Ca:Mg ratio's zou er minder verdichting en daarmee minder kans tot verzuring kunnen zijn. De bodem is dus meer aeroob, wat leidt tot meer microbiële biomassa en activiteit. Microbiële biomassa en AM fungizijn echter negatief gecorreleerd aan HWP of de hoeveelheid snel beschikbare P. Hoge gehalten aan snel beschikbare P in de bodem lijken ongunstig voor het bodemleven. De activiteit van het microbieel bodemleven, gemeten met de parameters EC 27°C +S - EC 27°C, Verschil pH 27°C +S en Verschil Eh 27°C +S is echter niet gecorreleerd aan HWP en Ca:Mg, maar wel met pH-KCl. Wanneer de pH van de bodem toeneemt, worden meer voedingsmiddelen vrijgesteld door symbiotische activiteit in de wortelomgeving (positief gecorreleerd aan EC 27°C +S – EC 27°C), zijn meer melkzuurbacteriën actief (negatief gecorreleerd aan verschil pH 27°C +S, dus de pH daalt sterker) en wordt meer zuurstof verbruikt (negatief gecorreleerd aan verschil Eh 27°C +S, dus de redoxpotentiaal daalt sterker). EC 27°C +S - EC 27°C (BVV-test, versie 2014) en B:F (gebaseerd op PLFA-extracties) zijn negatief gecorreleerd. Dit duidt er op dat bij een hogere verhouding van fungi ten opzichte van bacteriën, meer voedingsmiddelen worden vrijgemaakt door symbiotische activiteit.

De zandfractie is negatief gecorreleerd met pH-KCl, EC 27°C +S – EC 27°C, totale AM fungi en totale biomassa. In meer zandige bodems, de bodem gewoonlijk zuurder, maar worden er dus ook minder voedingsmiddelen vrijgesteld en is er minder microbieel leven. De zandfractie is positief gecorreleerd aan HWP. Dit kan een gevolg zijn van een hoger P-gehalte in zandiger bodems, wat in Vlaanderen dikwijls het geval is. Meestal werd op zandige bodems historisch overbemest + bezitten zandige bodems in Vlaanderen minder sorptiecapaciteit. Het is eerder onverwacht dat de zandfractie en OC-gehalte significant positief gecorreleerd zijn, aangezien het OC-gehalte in zandiger bodems gewoonlijk laag is. Dit kan louter toevallig zijn, de correlatiecoëfficiënt is dan ook <0,3. Om een meer totaalbeeld van de samenhang tussen de parameters te bekijken werd met de parameters HWP, OC, HWC, Ntot, Ca:Mg, pH-KCl, totale biomassa, totale AM fungi, verschil Eh 27°C +S en EC27°C +S – EC 27°C, een PCA-analyse uitgevoerd. Op basis van 2 componenten kon 63% van de variantie verklaard worden (zie Figuur 3). Uit deze figuur blijkt opnieuw dat P-

beschikbaarheid (HWP) bijna lijnrecht tegenover microbiëel leven (totale biomassa en AM fungi) en vrijstelling van voedingsmiddelen door symbiotische activiteit (EC27°C + S – EC 27°C) staat en dat het verhogen van Ca:Mg en pH-KCl leiden tot meer microbiële biomassa en AM fungi. De redoxpotentiaal of parameter ter bepaling van het zuurstofverbruik staat tegenover OC, HWC en Ntot.



Figuur 3: Biplot van de eerste (CP1) en tweede (CP2) component (63% verklaring van de variantie) van de PCA analyse van een aantal geselecteerde bodem- en bodembiochemische parameters.

7.2.4. Conclusie

Het verband tussen het bodemmanagement op vlak van bodembewerking en type organische bemesting, en de hoeveelheid microbiëel leven en microbiële activiteit is zwak. Compostbemesting en HK bodembewerking gaan samen met hoge P-beschikbaarheid, hetgeen op zijn beurt negatief gecorreleerd is met totale microbiële biomassa, AM fungi vrijstelling van voedingsstoffen door symbionten in de rhizosfeer. Een hoge P toestand op percelen van bedrijven die compost gebruiken als basisbemesting of die HK bodembewerking toepassen houdt eventueel verband met een hogere P-input via bemesting. Het voorkomen van een te hoge P-toestand is dan ook van belang in een biologisch teeltsysteem omdat het de

symbiose tussen het gewas en de micro-organismen in de wortelomgeving tegenwerkt. Uit de analyse van de verschillende bodemparameters blijkt ook dat een hogere Ca:Mg verhouding (welke mogelijk wijst op minder compactie) en een hogere pH-KCl leidt tot meer microbieel leven. Een hogere pH-KCl leidt ook tot meer microbiële activiteit op basis van de bio-elektronische metingen.

7.3. BIJLAGE 3: Fysische, chemische en biologische eigenschappen van de bemonsterde biologische groentenpercelen.

Tabel 3.1: Bodemfysische en –chemische eigenschappen van de bemonsterde biologische groentenpercelen. NO₃-N: nitraat-N, NH₄-N: ammonium-N, DS: vochtpercentage bodemstaal, OC: organische C; HWC: heet water extraheerbare koolstof, Ntotaal: totaal N-gehalte, Fe-, K-, Mg-, Ca-, Mn-, Na-, P-Amlact: voorraad aan voor de plant beschikbaar Fe, K, Mg, Ca, Mn, Na en P bekomen via ammoniumlactaat extractie, Ca:Mg: calcium/magnesium verhouding, HWP: heet water extraheerbaar P, P-CaCl₂: 0,01M CaCl₂ extraheerbaar P, zandfractie: % bodempartikels >50 µm.

ID-Klant Perceelsnr.	NO ₃ -N mg/kg DS	NH ₄ -N mg/kg DS	DS %/vers	OC %/droge grond	pH-KCl -	HWC mg/kg droge grond	Ntotaal %/droge grond	Fe-AmLact mg/100g DS	K-AmLact mg/100g DS	Mg-AmLact mg/100g DS	Ca-AmLact mg/100g DS	Ca:Mg	Mn-AmLact mg/100g DS	Na-AmLact mg/100g DS	P-AmLact mg/100g DS	HWP mg/kg droge grond	P_CaCl ₂ mg/kg verse grond	zandfractie %
4	3,4	5,2	81,2	2,35	6,52	1911,2	0,169	46,4	46	19,9	251,6	7,7	19,8	< 1,92	39	26,63	7,6	55
5	1,81	2,61	82,7	1,12	5,9	972,1	0,1	50,1	10	14,5	110,6	4,6	15,5	< 1,92	21,4	18,28	2,5	56
6	1,99	5,3	84,3	1,13	5,85	955,3	0,1	95,7	17,6	11,6	107	5,6	10,93	< 1,92	50,4	27,86	1,8	74
7	2,76	3,5	82,1	1,22	6,33	961,4	0,116	105,2	20,6	11,7	163,3	8,5	15,53	< 1,92	57,2	25,08	2,5	55
8	1,95	2,91	86,2	1,38	5,14	837	0,106	33,9	13,8	7	72,1	6,2	4,58	< 1,92	42,7	32,96	4,6	79
9	3,09	5,1	80	2,78	5,73	1426,8	0,208	57,9	34,3	20,9	188,1	5,5	5,09	< 1,92	61,7	40,71	5,8	70
10	2,32	3,1	84,1	1,8	5,19	1114,3	0,136	55,1	12,9	15,2	97,4	3,9	2,82	< 1,92	26	19,8	2,5	75
11	0,76	3,3	82,1	2,21	5,49	1098,4	0,154	72,7	13,1	8,5	140,4	10,0	4,2	< 1,92	61,9	37,56	5,3	80
12	2,03	3,7	84,6	2,16	5,11	1080,6	0,144	53,4	16,3	9,5	86	5,5	2,53	< 1,92	51,3	50,29	8,1	80
13	3,07	4,4	80,1	2,61	6,19	1470,1	0,194	59,9	41,4	25	189,8	4,6	8,4	2,41	72,7	47,49	7,5	61
14	< 0,65	2,24	85,8	1,44	5,13	980,3	0,122	64,4	26,2	9	80,4	5,4	4,39	< 1,92	56,4	51,75	7,3	83
15	1,24	7,2	77,9	2,79	6,69	1805	0,197	72,8	57,8	24,4	347	8,6	8,64	< 1,92	52,4	25,1	2,5	69
16	1,24	2,4	82,6	1,59	6	1169,6	0,161	70,9	28,9	15,7	213,6	8,3	15,16	< 1,92	61,5	34,95	4,9	45
17	3,17	2,97	83,6	1,64	6,27	1281,2	0,156	54,2	31,7	16,6	225,6	8,2	16,85	2,3	56,1	33,15	6,6	51
18	5,7	2,5	83,4	1,25	6,33	1176	0,127	55,7	25,3	10,4	188,3	11,0	11,83	< 1,92	25,3	15,93	2	35
19	1,04	2,13	82,5	1,26	5,94	1059,8	0,122	40,7	14,5	14,7	126,1	5,2	7,41	< 1,92	7,4	7,87	0,6	51
20	6	1,93	81,1	1,74	6,27	1312,9	0,154	62,4	36,4	20,3	219,8	6,6	17,37	6,72	30,9	20,61	1,9	15
21	3,2	1,73	80,2	2,11	6,6	1458,8	0,144	45,7	33,3	27,5	267,7	5,9	22,37	5,33	30,5	19,2	3,1	15
22	5,2	2,78	81,6	1,86	6,48	1310,7	0,184	48,6	33,2	28	280,9	6,1	17,29	< 1,92	50,9	24,65	4,6	9
23	0,79	5,1	82,4	1,2	6,21	1075,4	0,102	40	20,4	29,2	170,6	3,5	14,02	< 1,92	19,7	14,88	2,1	9
24	4,1	4,4	82,1	3,02	6,71	1530	0,243	54	17,4	17,6	291,3	10,0	7,84	< 1,92	51,4	22,41	3,3	83
25	2,17	3,1	87,2	2,43	5,17	1008,5	0,112	35,4	15,8	10	72,1	4,4	3,03	< 1,92	34,7	17,03	2,2	88
26	0,69	2,62	89,2	1,76	5,22	1053,7	0,133	48,3	13,4	10,5	77	4,4	1,33	< 1,92	42	44,45	7,9	86
27	3,7	2,76	89,1	1,46	5,55	1164,4	0,132	52,1	23,5	17,2	79,8	2,8	1,3	3,36	41,4	24,58	4,2	80
28	27,4	5,6	81,6	4,32	7,13	1602,1	0,134	42,2	42,8	25	541,9	13,1	8,33	3,31	113,8	29,05	8,9	63

Tabel 3.1 (vervolg): Bodemfysische en –chemische eigenschappen van de bemonsterde biologische groentenpercelen. NO₃-N: nitraat-N, NH₄-N: ammonium-N, DS: vochtpercentage bodemstaal, OC: organische C; HWC: heet water extraheerbare koolstof, Ntotaal: totaal N-gehalte, Fe-, K-, Mg-, Ca-, Mn-, Na-, P-Amlact: voorraad aan voor de plant beschikbaar Fe, K, Mg, Ca, Mn, Na en P bekomen via ammoniumlactaat extractie, Ca:Mg: calcium/magnesium verhouding, HWP: heet water extraheerbaar P, P-CaCl₂: 0,01M CaCl₂ extraheerbaar P, zandfractie: % bodempartikels >50 µm.

ID-Klant Perceelsnr.	NO ₃ -N mg/kg DS	NH ₄ -N mg/kg DS	DS %/vers	OC %/droge grond	pH-KCl -	HWC mg/kg droge grond	Ntotaal %/droge grond	Fe-AmLact mg/100g DS	K-AmLact mg/100g DS	Mg-AmLact mg/100g DS	Ca-AmLact mg/100g DS	Ca:Mg	Mn-AmLact mg/100g DS	Na-AmLact mg/100g DS	P-AmLact mg/100g DS	HWP mg/kg droge grond	P_CaCl ₂ mg/kg verse grond	zandfractie %
29	0.94	2.08	84.9	4.23	5.99	1136.5	0.161	46.7	22.6	15.3	202.3	8.0	6.5	< 1.92	85.7	32.18	5.2	69
30	3.4	2.37	85.6	3.13	6.23	959.8	0.218	56.7	24.9	16.6	171.6	6.3	9.83	< 1.92	60.6	29.97	4.9	58
31	3.3	1.88	84.3	2.39	6.15	1017.2	0.136	69.4	28.5	16.4	140.2	5.2	6.82	< 1.92	38.3	22.65	2	49
32	4.7	3.6	80.4	3.09	6.13	1469.9	0.212	53.7	35.7	16.1	179.8	6.8	4.12	2.07	31.6	13.41	1.3	53
33	< 0.65	3	85.1	1.21	6.55	1005.8	0.111	84.2	33.1	9.1	118.5	7.9	10.39	2	66.1	35.53	5.2	65
34	7.4	4.1	82	2.66	6.51	1714.1	0.26	92.8	62.5	59.2	339.3	3.5	10.39	2.86	56.3	31.52	4.4	50
35	6.9	4.6	83.4	2.37	6.47	1546.7	0.23	94.7	53.1	55.2	260.6	2.9	9.68	< 1.92	52.5	34.36	7.2	56
36	2.04	3.8	85.6	1.65	6.33	1349	0.166	91.3	49.1	15.9	162.3	6.2	9.32	< 1.92	35.9	< 0.68	2.9	52
37	4.8	4.2	85.8	1.19	5.87	904.7	0.114	83.3	38.7	11.6	120.6	6.3	8.55	2.26	34.9	20.98	2.6	49
38	2.96	2.42	83.2	1.65	6.36	1175.2	0.174	58.3	28.7	22.7	232.6	6.2	9.24	2.18	26.2	15.69	2	35
39	< 0.65	1.92	85.6	1.03	5.63	737.6	0.102	70.9	25.1	12.9	117.2	5.5	15.92	< 1.92	32.2	21.78	2.7	51
40	3.4	5.8	84.5	1.92	5.74	1242	0.189	71.5	23	18.7	197.9	6.4	11.33	3.43	21.4	14.86	1.8	50
41	3.3	3.6	85.2	1.19	4.84	979.8	0.112	85.7	22.9	10.2	55.2	3.3	4.94	< 1.92	20.4	< 0.68	1.3	80
42	14.5	5.7	81.4	2.23	7.06	1346.3	0.216	65.2	14.6	22.7	1678.5	44.8	8.21	2.92	33.9	11.75	1.6	73
43	2.26	2.35	83.7	1.53	6.4	931.8	0.156	70.4	15.2	20.6	168.9	5.0	11.05	2.1	17.1	11.7	1.2	41
44	13	24.8	81.6	1.08	5.72	811.3	0.11	79.4	13.4	10.7	122	6.9	19.63	< 1.92	27.5	17.53	2.4	9
45	2.23	3.6	83.3	1.49	6.19	1056.4	0.145	44.8	27.5	15	171.9	6.9	15.48	< 1.92	23	18.62	1.9	12
46	7	2.84	84.8	2.13	4.39	1125.1	0.166	111.3	23.8	8.5	48.4	3.5	3.86	< 1.92	41.5	19.57	1.7	72
47	2.7	3.4	81.6	2.17	4.8	1372.6	0.185	79.2	23	10.6	66.4	3.8	3.7	< 1.92	29.1	13.24	1.4	69
48	< 0.65	1.48	86.3	2.42	5.36	942.8	0.147	61.6	17.8	9.7	106	6.6	2.37	< 1.92	52.2	33.6	4.9	67
49	3.11	3.1	81	1.72	6.26	1062.6	0.163	72.9	29.8	22.5	174.2	4.7	23.47	< 1.92	22.2	16.3	1.9	9
50	1.79	1.79	84.8	1.46	6.59	1003.9	0.138	62.9	39.2	14.1	227.3	9.8	14.12	< 1.92	44.1	24.1	4.4	40
51	7.5	1.96	86.4	1.34	6.34	1014	0.127	67.5	23.7	16.7	209.6	7.6	16.91	< 1.92	39.4	16.7	4	44
52	9.4	3.1	84.7	1.15	7.06	927.4	0.137	74.9	13.3	100.9	858.1	5.2	9.86	< 1.92	15.7	4.99	0.3	40
53	7	1.29	85.1	1.08	7.21	861.1	0.123	56.2	21.8	96.2	620.7	3.9	9.12	< 1.92	15.5	5.39	0.5	42

Tabel 3.2: Biologische eigenschappen van de bemonsterde biologische groentenpercelen (Rusch-test). 'T1' is een maat voor afbraakactiviteit, terwijl 'T2-T1' een maat is voor het nuttige bodemleven in de 'rhizosfeer'. Des te groter het verschil 'T2-T1', des te meer begunstigt de bodemtoestand wortelactiviteit en gewasontwikkeling. Afbraakactiviteit (T1) is evenwel de uitgangsbasis voor latere activiteit in de rhizosfeer (t2-t1). 'T2-T1' duidt op de actuele bodemvruchtbaarheid terwijl 'T1' toekomstige bodemvruchtbaarheid inhoudt. Hoe lager de verhouding 'T2/T1' hoe groter de kans op groeiremming omdat wortelvorming niet vlot in een bodem met veel afbraakactiviteit. 'T2/T1' dient 3 of meer te bedragen om groeiremming uit te sluiten. 'T2/T1 < 1.5' duidt op (erg) sterke groeiremming. 'T2-T1 < 100' op een zwakke rhizosfeer en 'T2-T1 > 150' op een sterke rhizosfeer. EC27°C+S - EC27°C: verschil in EC na incubatie bij 27°C met en zonder toevoeging van suikers; verschil pH 27°C+S: verandering in pH voor en na incubatie bij 27°C met toevoeging van suiker; verschil Eh 27°C+S: verandering in Eh voor en na incubatie bij 27°C met toevoeging van suiker.

ID-Klant Perceelsnr.	EC27°C+S - EC27°C µS	EC27°C+S / EC27°C	verschil pH 27°C	verschil Eh 27°C mV	verschil EC 27°C µS	verschil pH 27°C+S	verschil Eh 27°C+S mV	verschil EC 27°C+S µS	verschil pH 45°C+S	verschil Eh 45°C+S mV	verschil EC 45°C+S µS	T1	T2	T2-T1	T2/T1
4	78	1,3	-0,5	40	174	-1,0	-721	260	-1,8	-674	653	216	147	-69	0,7
5	145	2,8	-0,1	-115	15	-0,8	-601	166	-1,6	-437	345	120	210	90	1,8
6	92	1,9	-0,4	15	38	-0,9	-566	132	-1,7	-431	390	53	98	45	1,8
7	244	2,7	-0,2	7	62	-0,8	-592	312	-1,7	-488	498	59	49	-10	0,8
8	85	2,4	-0,3	-9	22	-1,0	-325	104	-1,5	-264	234	13	24	11	1,8
9	163	2,0	-0,5	-231	108	-1,0	-608	257	-1,7	-521	550	16	46	30	2,9
10	82	2,6	-0,5	-181	23	-0,9	-370	98	-1,4	-319	258	28	80	52	2,9
11	93	2,5	-0,3	-159	30	-0,8	-393	116	-1,3	-332	329	10	40	30	4,0
12	92	2,5	-0,2	-146	21	-0,9	-429	114	-1,4	-355	290	14	24	10	1,7
13	263	3,2	-0,3	-112	52	-1,4	-683	320	-1,8	-395	472	32	56	24	1,8
14	49	1,8	-0,2	-13	26	-0,6	-640	65	-1,5	-353	361	72	51	-21	0,7
15	238	1,9	-0,3	-79	106	-1,4	-653	357	-2,1	-521	741	78	122	44	1,6
16	147	2,3	-0,2	-41	51	-0,9	-635	189	-1,8	-585	551	14	36	22	2,6
17	189	2,9	-0,2	-186	-6	-0,7	-601	196	-1,5	-400	417	61	44	-17	0,7
18	250	2,6	-0,3	-117	43	-1,2	-658	287	-1,9	-594	458	74	109	35	1,5
19	146	2,9	-0,2	-105	28	-1,1	-658	164	-1,6	-342	335	26	57	31	2,2
20	182	2,1	-0,3	-183	38	-1,0	-560	219	-1,9	-428	523	30	137	107	4,6
21	366	3,2	-0,3	-168	64	-1,6	-649	422	-2,1	-621	738	85	64	-21	0,8
22	250	2,8	-0,1	-59	58	-1,2	-537	306	-2,1	-221	431	38	184	146	4,8
23	167	2,1	-0,4	-125	108	-1,0	-571	275	-1,6	-540	418	42	129	87	3,1
24	360	3,6	-0,2	-99	103	-1,5	-558	404	-2,1	-302	802	18	76	58	4,2
25	43	1,6	-0,3	-192	31	-0,8	-384	71	-1,5	-532	275	42	35	-7	0,8
26	110	2,4	-0,1	-174	50	-0,8	-356	142	-1,3	-536	304	20	106	86	5,3
27	70	1,6	-0,2	-156	34	-0,5	-495	127	-1,0	-529	397	35	66	31	1,9
28	49	1,1	-0,2	13	80	-0,9	-609	127	-1,7	-646	743	46	140	94	3,0

Tabel 3.2 (vervolg) Biologische eigenschappen van de bemonsterde biologische groentenpercelen (Rusch-test). 'T1' is een maat voor afbraakactiviteit, terwijl 'T2-T1' een maat is voor het nuttige bodemleven in de 'rhizosfeer'. Des te groter het verschil 'T2-T1', des te meer begunstigt de bodemtoestand wortelactiviteit en gewasontwikkeling. Afbraakactiviteit (T1) is evenwel de uitgangsbasis voor latere activiteit in de rhizosfeer (t2-t1). 'T2-T1' duidt op de actuele bodemvruchtbaarheid terwijl 'T1' toekomstige bodemvruchtbaarheid inhoudt. Hoe lager de verhouding 'T2/T1' hoe groter de kans op groeiremming omdat wortelvorming niet vlot in een bodem met veel afbraakactiviteit. 'T2/T1' dient 3 of meer te bedragen om groeiremming uit te sluiten. 'T2/T1 < 1.5' duidt op (erg) sterke groeiremming. 'T2-T1 < 100' op een zwakke rhizosfeer en 'T2-T1 > 150' op een sterke rhizosfeer. EC27°C+S - EC27°C: verschil in EC na incubatie bij 27°C met en zonder toevoeging van suikers; verschil pH 27°C+S: verandering in pH voor en na incubatie bij 27°C met toevoeging van suiker; verschil Eh 27°C+S: verandering in Eh voor en na incubatie bij 27°C met toevoeging van suiker.

ID-Klant Perceelsnr.	EC27°C+S - EC27°C µS	EC27°C+S / EC27°C	verschil pH 27°C	verschil Eh 27°C mV	verschil EC 27°C µS	verschil pH 27°C+S	verschil Eh 27°C+S mV	verschil EC 27°C+S µS	verschil pH 45°C+S	verschil Eh 45°C+S mV	verschil EC 45°C+S µS	T1	T2	T2-T1	T2/T1
29	81	2,4	-0,2	-62	-1	-0,8	-384	79	-1,4	-327	246	35	31	-4	0,9
30	19	1,2	-0,2	-44	28	-0,5	-325	38	-1,4	-255	231	19	48	29	2,5
31	10	1,1	-0,3	-68	45	-0,6	-549	53	-1,4	-391	322	23	41	18	1,8
32	132	2,3	-0,3	-82	24	-1,1	-664	152	-1,6	-465	508	13	67	54	5,2
33	76	1,5	-0,3	-125	54	-1,2	-435	154	-1,8	-324	291	41	35	-6	0,9
34	96	1,4	-0,3	-62	82	-1,2	-668	204	-1,9	-514	365	30	115	85	3,8
35	59	1,4	-0,3	-66	59	-1,3	-627	110	-1,6	-576	606	15	58	43	3,9
36	224	2,3	-0,4	-101	76	-1,4	-652	282	-2,1	-490	1025	40	72	32	1,8
37	152	1,4	0,0	52	100	-0,3	-594	198	-1,4	-480	526	20	124	104	6,2
38	349	3,7	-0,3	42	87	-1,4	-553	386	-1,9	95	775	26	113	87	4,3
39	136	2,7	-0,2	36	37	-0,6	-277	154	-1,6	-145	345	31	87	56	2,8
40	307	3,6	-0,1	21	62	-1,0	-529	342	-1,4	-267	577	38	191	153	5,0
41	77	1,9	0,0	21	35	-0,6	-317	100	-1,4	-168	360	35	44	9	1,3
42	369	2,6	-0,3	64,1	76	-1,4	-558	464	-1,8	-347	947	24	92	68	3,8
43	419	4,0	-0,3	10	89	-1,3	-535	417	-2,0	-247	676	8	98	90	12,3
44	254	2,7	0,0	14	35	-0,9	-577	269	-1,7	-232	527	7	51	44	7,3
45	180	2,1	-0,4	9	133	-0,8	-515	291	-1,6	-210	563	17	71	54	4,2
46	45	1,4	0,1	-72	32	-0,3	-321	81	-0,5	-291	326	39	49	10	1,3
47	67	1,8	0,1	-89	41	-0,6	-315	103	-1,3	-338	484	21	32	11	1,5
48	103	2,5	-0,1	-83	44	-0,8	-331	137	-1,5	-314	449	28	82	54	2,9
49	420	4,3	-0,2	-59	74	-1,9	-382	474	-1,8	-317	648	39	83	44	2,1
50	289	2,8	-0,3	-49	60	-1,4	-400	364	-2,2	-318	857	16	41	25	2,6
51	423	3,7	0,0	-52	61	-1,3	-380	460	-2,3	-227	799	8	28	20	3,5
52	203	1,6	-0,6	-183	195	-1,7	-366	394	-1,7	-215	675	22	49	27	2,2
53	237	2,2	-0,4	-133	101	-1,8	-328	324	-1,7	-227	600	28	61	33	2,2

Tabel 3.3: Biologische eigenschappen van de bemonsterde biologische groentenpercelen: microbiële biomassa op basis van fosfolipide vetzuren (PLFA). Total non-specific bacteria, gram+ bacteria, actinomycetes, gram- bacteria, AM fungi: totale biomassa aan niet-specifieke bacteriën, G+ bacteriën, Actinomycetes, G- bacteriën en arbusculaire mycorrhiza schimmels; Total fungi, bacteria, biomass: totale biomassa aan schimmels, bacteriën en totaal microbieel leven; B:F: bacterie-schimmelverhouding.

ID-Klant Perceelsnr.	Total non-specific bacteria nmol C/g	Total gram+ bacteria nmol C/g	Total actinomycetes nmol C/g	Total gram- bacteria nmol C/g	Total AM fungi nmol C/g	Total fungi nmol C/g	Total bacteria nmol C/g	Total biomass nmol C/g	B:F
4	17,35	19,39	5,82	14,29	6,48	15,32	51,03	78,64	3,3
5	9,72	11,12	2,64	7	1,73	7,29	27,84	39,5	3,8
6	9,05	9,23	2,6	6,18	1,39	5,86	24,46	34,31	4,2
7	17,27	14,89	4,04	10,82	2,98	10,49	42,98	60,48	4,1
8	10,18	8,97	1,62	4,81	1,26	5,56	23,96	32,4	4,3
9	18,97	18,57	5,11	10,58	2,77	11,78	48,12	67,8	4,1
10	14,13	14,8	3,43	7,91	3	8,01	36,84	51,28	4,6
11	13,6	12,5	1,91	7,29	2,09	7,99	33,39	45,37	4,2
12	12,16	11,65	0,87	6,49	1,99	8,53	30,3	41,69	3,6
13	12,92	12,65	0,99	9,07	4,18	8,95	34,64	48,76	3,9
14	9,68	8,65	0,73	5,18	0	7,35	23,51	31,6	3,2
15	34,68	29,47	9,32	23,56	10,05	23,88	87,71	130,97	3,7
16	23,61	20,91	0,99	13,72	5,62	20,26	58,24	85,11	2,9
17	15,76	15,61	5,01	9,84	2,52	11,77	41,21	60,5	3,5
18	17,16	18,53	5,52	13,71	5,91	14,29	49,4	75,12	3,5
19	14,86	17,62	4,8	10,71	5,19	11,94	43,19	65,12	3,6
20	20,3	20,04	5,4	15,01	3,07	14,93	55,35	78,74	3,7
21	21,73	25,63	7,66	18,26	7,83	17,64	65,62	98,74	3,7
22	15,33	16,38	4,75	12,21	5,13	12,84	43,92	66,64	3,4
23	20,11	16,94	4,42	12,19	5,71	18	49,24	77,37	2,7
24	23,74	18,71	5,29	13,45	5,72	16,11	55,9	83,02	3,5
25	16,32	12,52	3,04	6,84	1,63	9,65	35,68	50	3,7
26	13,75	11,05	2,35	6,08	1,45	8,65	30,88	43,34	3,6
27	10,72	9,09	1,51	5,07	1,52	6,95	24,88	34,86	3,6
28	22,47	18,14	5,09	14,43	5,8	14,24	55,04	80,16	3,9

Tabel 3.3 (vervolg):Biologische eigenschappen van de bemonsterde biologische groentenpercelen: microbiële biomassa op basis van fosfolipide vetzuren (PLFA). Total non-specific bacteria, gram+ bacteria, actinomycetes, gram- bacteria, AM fungi: totale biomassa aan niet-specifieke bacteriën, G+ bacteriën, Actinomycetes, G- bacteriën en arbusculaire mycorrhiza schimmels; Total fungi, bacteria, biomass: totale biomassa aan schimmels, bacteriën en totaal microbieel leven; B:F: bacterie-schimmelverhouding.

ID-Klant Perceelsnr.	Total non-specific bacteria nmol C/g	Total gram+ bacteria nmol C/g	Total actinomycetes nmol C/g	Total gram- bacteria nmol C/g	Total AM fungi nmol C/g	Total fungi nmol C/g	Total bacteria nmol C/g	Total biomass nmol C/g	B:F
29	17,79	12,58	3,28	8,01	1,77	10,05	38,38	53,49	3,8
30	12,77	10,62	3,2	7,36	1,98	7,44	30,75	43,38	4,1
31	11,78	11,11	3,26	7,01	1,63	6,76	29,9	41,54	4,4
32	22,96	20,44	5,31	12,34	3,16	13,6	55,74	77,81	4,1
33	16,15	14,13	2,94	8,81	2,22	10,91	39,09	55,15	3,6
34	24,74	27,04	7,64	17,49	8,07	18,35	69,27	103,33	3,8
35	20,47	21,79	5,45	13,89	6,5	15,53	56,15	83,63	3,6
36	24,5	21,21	5,69	14,13	6,31	19,34	59,84	91,17	3,1
37	15,14	15,5	3,42	10,01	4,46	9,68	40,65	58,22	4,2
38	28,96	26,75	6,03	18,9	8,56	26,41	74,61	115,61	2,8
39	13,21	11,47	2,71	6,78	1,64	8,81	31,46	44,63	3,6
40	26,51	28,44	7,98	18,41	7,57	21,13	73,36	110,04	3,5
41	12,23	11,67	2,48	6,01	1,67	7,88	29,91	41,94	3,8
42	28,14	28,94	10,43	22,32	10,9	27,25	79,4	127,98	2,9
43	16,88	17,32	4,27	10,37	2,62	14,13	44,57	65,59	3,2
44	21,62	17,89	3,67	12,87	4,71	16,48	52,38	77,24	3,2
45	21,82	21,47	5,11	13,56	3,66	21,17	56,85	86,79	2,7
46	20,46	21,18	5,44	9,02	1,88	13,25	50,66	71,23	3,8
47	31,72	27,92	7,43	13,73	2,98	19,85	73,37	103,64	3,7
48	14,76	11,92	2,76	6,14	1,78	8,1	32,82	45,47	4,1
49	16,09	17,3	5,07	11,71	3,27	11,59	45,1	65,01	3,9
50	19,64	19,75	4,78	13,39	6,89	16,75	52,78	81,19	3,2
51	16,09	17,73	4,48	13,03	5,28	12,65	46,85	69,26	3,7
52	18,33	21,35	6,42	15,14	6,9	14,8	54,82	82,93	3,7
53	13,55	17,16	5,3	11,56	3,45	11,36	42,27	62,38	3,7

8. DANKBETUIGING

Dit project werd mogelijk gemaakt dankzij de financiële ondersteuning vanwege de Vlaamse overheid, Departement Landbouw & Visserij. De projectpartners danken de Vlaamse overheid van harte voor hun steun aan het project.

