

Additivers påvirkning af effekt af herbicider og fungicider

Rapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Per Kudsk & Lise Nistrup Jørgensen

Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



Datablad

Titel:	Additivers påvirkning af effekt af herbicider og fungicider
Forfatter:	Professor Per Kudsk og seniorforsker Lise Nistrup Jørgensen, Institut for Agroøkologi
Kvalitetssikring:	Faglig: Seniorrådgiver Mette Sønderkov, Institut for Agroøkologi
Rekvirent:	SEGES. Afrapportering af Institut for Agroøkologis aktiviteter i projektet ' Additivers påvirkning af effekt af planteværnsmidler" finansieret af Promilleafgiftsfonden for Landbrug
Finansiering:	SEGES via bevilling fra Promilleafgiftsfonden for Landbrug.
Rådgivning fra DCA:	https://dca.au.dk/raadgivning/

1. Indledning

I de senere år er der blevet markedsført en række additiver, som sænker pH i sprøjtevæsken. Producenterne lover en forbedret effekt af en række pesticider og dermed mulige besparelser i udgifterne til pesticider. For de fleste pH-regulerende additiver foreligger der dog meget lidt experimentel dokumentation for en positiv effekt. De markedsførte pH-regulerende additiver har også kompleksbindende egenskaber, dvs. de kan inaktivere de calcium- og magnesiumioner, som forekommer i hårdt vand. Der er en del viden om betydningen af vandets hårdhed på effekten af pesticider men lille viden om pH's indflydelse på effekten. Ofte er pH bestemt af hvilke ioner, der er opløst i vandet, hvilket kan gøre det svært at adskille effekterne af de to parametre.

En ukritisk anvendelse af pH-regulerende additiver kan i værste fald påvirke effekten af pesticiderne negativt. Hvis der ingen effekt er af additiverne resulterer anvendelsen i unødige omkostninger. Omvendt er det også vigtigt at dokumentere, hvornår der kan forventes en forbedret effekt med additiverne, da det vil gøre det muligt at reducere pesticiddoseringen. Det vil kunne bidrage til et formindsket forbrug af pesticider i fremtiden og opfyldelse af målene i Sprøjtemiddelstrategi 2022-2026.

Formålet med denne undersøgelse var at undersøge 3 pH-regulerende additivs indflydelse på effekten af herbiciderne Roundup PowerMax, Glyphomax HL, Broadway og Cossack OD overfor alm rajgræs og agerstedmoder samt fungicidet Balaya overfor gulrust på vinterhvede. Endvidere blev det undersøgt, om en eventuel indflydelse af et af de pH-regulerende additiver på effekten af Roundup PowerMax og Glyphomax HL skyldes deres pH-sænkende eller kompleksbindende egenskaber.

2. Materialer og metoder

2.1 Herbicidforsøg

Første gentagelse af forsøgene blev udført som udendørs pottforsøg i semifieldanlægget i Flakkebjerg, mens planterne til anden gentagelse fremvoksede udendørs, men potterne blev placeret i væksthuse efter sprøjtning pga. lave udendørs temperaturer. Der er udført i alt 12 forsøg. Alm. rajgræs og agerstedmoder blev dyrket i 1 L potter i en jordblanding bestående af markjord, sand og sphagnum (2:1:1 v/v) tilsat alle nødvendige næringsstoffer. Potterne blev placeret på borde og undervandet efter behov. Umiddelbart før sprøjtning blev antallet af alm. rajgræs og agerstedmoder planter pr. potte reduceret til et ensartet antal. Udviklingstrinnet ved sprøjtning ukrudtsplanterne varierede fra 2 til 8 blivende blade som følge af varierende vækstforhold.

Følgende herbicider er anvendt i forsøgene: Roundup PowerMax (720 g glyphosat/kg), Glyphomax HL (=Glyphomax 48 HL) (480 g glyphosat/L), Broadway (68,3 g pyroxulam + 22,8 g florasum + 68,3 g cloquincet-mexyl (safener)/kg) og Cosack OD (7,5 g iodosulfuron-methyl-Na + 7,5 g mesosulfuron-methyl + 22,5 g mefenpyr-diethyl (safener)/L). Følgende pH-regulerende additiver blev undersøgt: Bio pH Control,

Fosmagnit og Novo Balance, som er de tre mest promoverede produkter på det danske marked. I følge producenten består Bio pH Control af 4 aktivstoffer, som ikke er specificeret, men produktet skulle både kunne inaktivere kationer, såsom calcium og magnesium, i sprøjtevæsken og reducere pH. NovaBalance indeholder fosforsyre, som ligeledes både kan inaktivere kationer i vandet samt sænke pH. NovaBalance anbefales til specifikke pesticider bl.a. glyphosat. Fosmagnit indeholder fosfor, magnesium og nitrat, og er egentligt et bladgødskningsprodukt. Da det også sænker pH og har en buffereffekt, anbefales det også som additiv til pesticider, hvor der er et ønske om at reducere pH i sprøjteopløsningen. Hvorvidt Fosmagnit også kan inaktivere kationer er ikke oplyst. Bio pH Control, Fosmagnit og NovaBalance er anvendt i doseringerne 0,2, 0,1 og 0,3 % af sprøjteopløsningen. For at kunne sammenligne behandlingerne, blev der anvendt den samme additivkoncentration for alle herbicider og vandkvaliteter, selv om det anbefales at justere koncentrationen efter bl.a. vandets hårdhedsgrad for nogle af additiver. Med undtagelse af et enkelt forsøg blev herbicider og additiver opblandet hver for sig og først blandet sammen umiddelbart før sprøjtning. I et af forsøgene (forsøgsserie 2, anden gentagelse) blev additiverne opløst i vandet, som blev anvendt til at fremstille herbicidopløsningerne. I forsøgene er anvendt to forskellige vandkvaliteter med en hårdhedsgrad på henholdsvis 8 fra Helle Vest vandværk i Varde kommune og 17 fra Nordrupvester vandværk i Slagelse kommune. Vandets hårdhed kunne i begge tilfælde tilskrives forekomsten af calcium.

Der er udført to forskellige forsøgsserier. I den første forsøgsserie blev indflydelsen af de 3 pH-regulerende additiver på effekten af de fire herbicider overfor alm. rajgræs og agerstedmoder undersøgt med de to vandkvaliteter. I den anden forsøgsserie blev indflydelsen af Bio pH Control, 1 % ammoniumsulfat og en 0.1 M eddikesyrebuffer på effekten af Roundup PowerMax og Glyphomax HL undersøgt overfor alm. rajgræs og agerstedmoder med de to vandkvaliteter. Eddikesyrebufferen blev fremstillet ved at tilsætte 197,9 mg natriumacetat og 2,9 ml 100% eddikesyre til 500 ml vand, hvilket resulterede i en opløsning med et pH på 3,56. Begge forsøgsserier blev gentaget.

En forudgående undersøgelse af sprøjteopløsningernes pH blev udført ved at fremstille sprøjteopløsninger med de anvendte kombinationer af herbicider og additiver. Herbiciderne blev tilsat i to koncentrationer svarende henholdsvis til den maksimalt anvendte dosering og en dosering 10 gange lavere. Additiverne blev anvendt i de samme doseringer som i forsøgene.

Sprøjtningerne blev udført i en pottesprøjte med en bom, hvor der var monteret to Hardi ISO F-110-02 dyser. Der blev anvendt et tryk på 3 bar og en væskemængde på 149 L/ha. I det første forsøgsserie med de 3 pH-regulerende additiver blev der anvendt 4 herbiciddoseringer, mens antallet af herbiciddoseringer i de øvrige forsøg var 5. Planterne blev høstet 4-8 uger efter sprøjtning afhængig af årstiden. Ved høst blev der målt frisk- og tørvægt. Såfremt det var muligt, blev ED₅₀ estimeret for hver af blandingerne. ED₅₀ er beregnet pr. herbicid og planteart, dvs. de to vandkvaliteter er analyseret sammen, så det er muligt direkte at sammenligne effekten ved de to hårdhedsgrader. DRC pakken i R blev benyttet til at estimere ED₅₀ (drm-funktion) (R version 4.0.2 2020 The R Foundation for Statistical Computing). ED₅₀ er beregnet med fast nedre og øvre grænse og samme hældning for alle doseringskurver, da dette gav det bedste fit til data. Parvise sammenligninger er lavet med t-tests inklusiv korrektion for multiple sammenligninger.

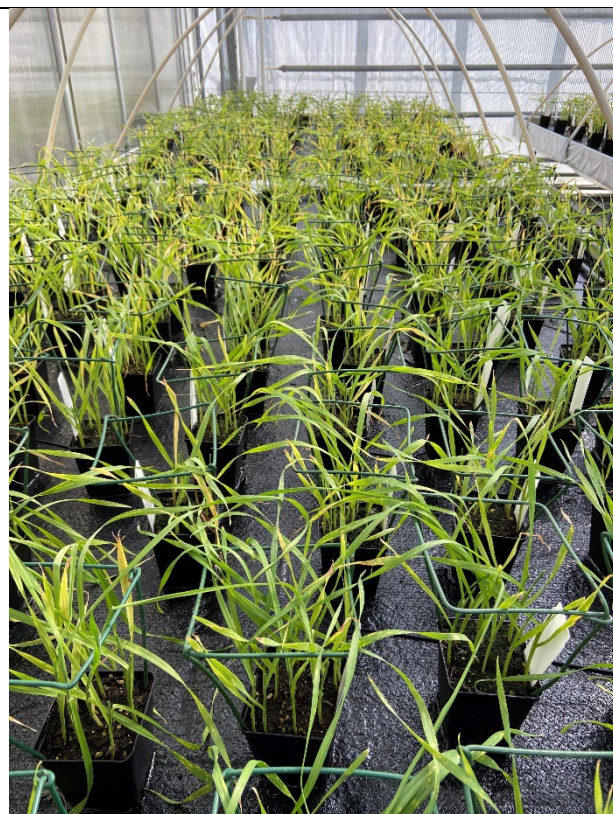
2.2 Fungicidforsøg

Vinterhvede (cv. Benchmark) blev dyrket i væksthus i 1 L potter fyldt med den samme jordblanding som 1 L potterne. På to-bladsstadiet blev planterne sprøjtet (25. okt), og dagen efter blev planterne smittet med sporer af gulrust (26. okt). Sprøjtningerne blev udført i en pottesprøjte med en bom, hvor der var monteret to Hardi ISO F-110-02 dyser. Der blev anvendt et tryk på 3 bar og en væskemængde på 149 L/ha. Ved smitning af planterne blev der brugt 1 rør med sporer pr. 30 potter udsprøjtet med air brush i 5 ml Novec. Efter inokulering blev planterne holdt i inkubator i to døgn under mørke og høj luftfugtighed. Efterfølgende blev planterne placeret under i et væksthus ved en temperatur på 15-20 °C. Forsøget inkluderede 3 doseringer af Balaya (1/2, 1/4 og 1/8 del af normal dosis) og blev tilsat henholdsvis 0,2% Bio pH Control, 0,3 % Fosmagnit eller 0,1% NovaBalance. Udsprøjtningen skete i to typer vand med forskellig hårdhedsgrad (8 og 17). Hver behandling havde 4 gentagelser. Sprøjteopløsningernes pH blev målt ved tilberedning af sprøjtevæsken. De først symptomer kunne ses ca. 10 dage efter inokulering. Angrebene i forsøget blev bedømt 7., 9. og 14. nov.

Behandling i sprøjtekabinen



Opsætning af forsøg i væksthus med gulrust



3. Resultater

3.1 Herbicidforsøg

3.1.1 pH målinger

I Tabel 1 og 2 er vist resultatet af de indledende pH målingerne af de anvendte herbicid/additiv kombinationer opløst i vand med en hårdhedsgrad på henholdsvis 8 og 17.

Tabel 1. pH værdier for sprøjteblandinger anvendt i den første forsøgsserie med fire herbicider og tre pH-reducerende additiver.

Herbicid	Herbicid-Koncentration	Additiv	pH i vand med hårdhedsgrad på 8	pH i vand med hårdhedsgrad på 17
Roundup PowerMax	1,33 %		3,89	4,42
	0,13 %		4,80	5,75
	1,33 %	0,2 % Bio pH Control	2,99	3,50
	0,13 %	0,2 % Bio pH Control	2,40	2,86
	1,33 %	0,3 % Fosmagnit	3,19	5,18
	0,13 %	0,3 % Fosmagnit	2,78	4,26
	1,33 %	0,1 % NovaBalance	3,48	4,28
	0,13 %	0,1 % NovaBalance	3,10	5,40
Glyphomax HL	1,5 %		4,44	5,04
	0,15 %		4,90	6,12
	1,5 %	0,2 % Bio pH Control	3,33	4,25
	0,15 %	0,2 % Bio pH Control	2,36	3,12
	1,5 %	0,3 % Fosmagnit	3,45	4,69
	0,15 %	0,3 % Fosmagnit	2,82	5,29
	1,5 %	0,1 % NovaBalance	4,50	4,70
	0,15 %	0,1 % NovaBalance	3,48	5,62

Cossack OD	0,62 %		7,64	7,28
	0,062 %		7,78	7,16
	0,62 %	0,2 % Bio pH Control	2,28	2,97
	0,062 %	0,2 % Bio pH Control	2,26	2,78
	0,62 %	0,3 % Fosmagnit	3,32	5,79
	0,062 %	0,3 % Fosmagnit	3,12	5,70
	0,62 %	0,1 % NovaBalance	3,12	6,22
	0,062 %	0,1 % NovaBalance	3,12	6,24
Broadway	0,15 %		6,40	7,01
	0,015 %		7,06	7,10
	0,15 %	0,2 % Bio pH Control	2,40	3,12
	0,015 %	0,2 % Bio pH Control	2,36	2,74
	0,15 %	0,3 % Fosmagnit	2,85	5,87
	0,015 %	0,3 % Fosmagnit	2,79	5,69
	0,15 %	0,1 % NovaBalance	3,97	6,10
	0,015 %	0,1 % NovaBalance	3,10	5,95

pH værdien i sprøjteopløsninger af de to glyphosatproduktet var påvirket af både koncentrationen af produktet samt vandets hårdhedsgrad. Generelt var pH for Roundup PowerMax opløsningerne lidt lavere end for Glyphomax HL opløsningerne. pH var, som forventet, lavere i blødt end i hårdt vand, og lavere ved den høje end den lave herbiciddosering.

Tilsætning af de 3 additiver reducerede pH i sprøjteopløsningen. Generelt var effekten af additiverne på pH i sprøjteopløsningen størst ved lave koncentrationer af Roundup PowerMax og Glyphomax HL. Anvendes der en høj herbiciddosering var effekten af additiverne på pH oftest marginal med undtagelse af Bio pH Control. I blanding med additiverne var pH som oftest lavere ved den lave end ved den høje herbicidkoncentration, hvilket viser, at de to glyphosatprodukter besidder en vis buffereffekt. Eneste undtagelser var Fosmagnit i blødt og hårdt vand samt NovaBalance i hårdt vand, hvor pH var højere ved den lave herbicidkoncentration. Dette indikerer, at effekten af additiverne er blevet neutraliseret af kationerne i vandet, og at det derfor

kunne have været relevant at have anvendt en højere koncentration af de to additiver ved udsprøjtning i hårdt vand.

Modsat glyphosatprodukterne, så var pH af sprøjteopløsningerne af Broadway og Cossack OD omkring 7, dvs. neutrale. Tilsætning af de tre additiver reducerede i alle tilfælde pH markant. Tilsætning af Bio pH Control resulterede i den største reduktion af pH, og det var meget tydeligt i hårdt vand, hvor indflydelsen af Fosmagnit og NovaBalance på pH var marginal, hvilket igen indikerer, at det kunne have været relevant at anvende en højere dosering af disse to additiver i hårdt vand.

Tabel 2. pH værdier for sprøjteblandinger anvendt i den anden forsøgsserie med to herbicider og to additiver og en eddikesyrebuffer.

Herbicide	Herbicide-koncentration	Additiv	pH i vand med hårdhedsgrad på 8	pH i vand med hårdhedsgrad på 17
Roundup PowerMax	1,33 %		3,96	4,51
	0,13 %		4,94	5,78
	1,33 %	0,2 % Bio pH Control	3,16	3,40
	0,13 %	0,2 % Bio pH Control	2,48	2,79
	1,33 %	1 % ammoniumsulfat	4,16	4,66
	0,13 %	1 % ammoniumsulfat	5,26	6,24
	1,33 %	0,1 M eddikesyrebuffer	3,63	3,81
	0,13 %	0,1 M eddikesyrebuffer	3,39	3,63
Glyphomax HL	1,5 %		4,77	5,08
	0,15 %		5,16	6,30
	1,5 %	0,2 % Bio pH Control	3,56	4,00
	0,15 %	0,2 % Bio pH Control	2,53	3,01
	1,5 %	1 % ammoniumsulfat	4,88	5,24
	0,15 %	1 % ammoniumsulfat	5,52	6,65
	1,5 %	0,1 M eddikesyrebuffer	3,70	3,91
	0,15 %	0,1 M eddikesyrebuffer	3,67	3,94

Som forventet havde tilsætning af ammoniumsulfat ingen nævneværdig effekt på sprøjteopløsningernes pH. Med eddikesyrebufferopløsningen er der fundet pH værdier i samme størrelsesorden som med Bio pH Control ved den høje glyphosatkoncentration. Modsat Bio pH Control var pH med eddikesyrebufferen ikke påvirket af koncentrationen af glyphosatproduktet.

3.1.2 Bioassays

Det var ikke i alle tilfælde muligt at estimere ED₅₀ pga. for høje eller lave effekter af de anvendte doseringer. I dette afsnit er de beregnede ED₅₀ værdier vist med angivelse af standardfejl, og der er med stjerner angivet, om ED₅₀ for additiverne er signifikant forskellige fra ED₅₀ for herbicidet uden tilsætning af additiv.

Forsøgsserie 1, Første gentagelse

I det første forsøg i denne forsøgsserie var der stor variation i størrelsen af agerstedmoderplanterne på sprøjtetidspunkt pga. uensarter fremspiring, og denne variation afspejlede sig også ved høst. Derfor var det for denne ukrudtsart kun muligt at estimere ED₅₀ for Broadway og Cossack. Endvidere var effekterne af de anvendte doseringer af Roundup PowerMax over for alm. rajgræs så høje, at det ikke var muligt at estimere ED₅₀. Resultaterne af denne forsøgsserie er vist i tabel 3 – 7.

Tabel 3. Estimerede ED₅₀ for Glyphomax HL anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på alm. rajgræs. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og *** p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Glyphomax HL		8	0,109	0,0238
	0,2 % Bio pH Control	8	0,096	0,0170
	0,3 % Fosmagnit	8	0,093	0,0164
	0,1 % NovaBalance	8	0,064	0,0136
		17	0,103	0,0176
	0,2 % Bio pH Control	17	0,090	0,0155
	0,3 % Fosmagnit	17	0,081	0,0159
	0,1 % NovaBalance	17	0,062	0,0119

Tabel 4. Estimerede ED₅₀ for Broadway anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på alm. rajgræs. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (g/ha)	Standardfejl
Broadway		8	122,7	9,41
	0,2 % Bio pH Control	8	98,6	7,26
	0,3 % Fosmagnit	8	110,8	7,68
	0,1 % NovaBalance	8	133,7	11,58
		17	129,5	10,25
	0,2 % Bio pH Control	17	103,4	7,05
	0,3 % Fosmagnit	17	133,2	12,00
	0,1 % NovaBalance	17	136,3	12,47

Tabel 5. Estimerede ED₅₀ for Broadway anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på agerstedmoder. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (g/ha)	Standardfejl
Broadway		8	30,1	9,66
	0,2 % Bio pH Control	8	8,0	16,20
	0,3 % Fosmagnit	8	21,4	7,11
	0,1 % NovaBalance	8	93,6*	20,80
		17	93,1	23,80
	0,2 % Bio pH Control	17	97,7	21,92
	0,3 % Fosmagnit	17	61,6	24,61
	0,1 % NovaBalance	17	22,8*	9,51

Tabel 6. Estimerede ED₅₀ for Cossack OD anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på alm. rajgræs Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Cossack OD		8	0,49	0,052
	0,2 % Bio pH Control	8	0,41	0,040
	0,3 % Fosmagnit	8	0,45	0,044
	0,1 % NovaBalance	8	0,45	0,044
		17	0,45	0,067
	0,2 % Bio pH Control	17	0,44	0,047
	0,3 % Fosmagnit	17	0,54	0,077
	0,1 % NovaBalance	17	0,48	0,069

Tabel 7. Estimerede ED₅₀ for Cossack OD anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på agerstedmoder. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Cossack OD		8	0,100	0,0031
	0,2 % Bio pH Control	8	-	-
	0,3 % Fosmagnit	8	0,087	0,0113
	0,1 % NovaBalance	8	0,082*	0,0154
		17	0,374	0,0236
	0,2 % Bio pH Control	17	0,093***	0,0065
	0,3 % Fosmagnit	17	0,094***	0,0054
	0,1 % NovaBalance	17	0,211***	0,0112

I denne forsøgsserie var det kun muligt at analysere ét af forsøgene med glyphosat. Tilsætning af additiver og specielt NovaBalance reducerede ED₅₀ af Glyphomax HL over for alm. rajgræs, men forskellene var ikke statistisk signifikante. Ligeledes blev der ikke fundet signifikante effekter af additiverne på effekten af Broadway og Cossack OD over for alm. rajgræs, mens der blev observeret signifikante forskelle over for agerstedmoder. Som regel var effekten i blanding med additivet bedre end uden additiv, men i et enkelt tilfælde var effekten dårligere (Broadway og NovaBalance i blødt vand). Mest markant var effekten på Cossack OD i hårdt vand, hvor alle tre additiver øgede effekten af herbicidet signifikant.

Forsøgsserie 1, Anden gentagelse

I denne forsøgsserie var effekterne af Broadway over for alm. rajgræs og agerstedmoder henholdsvis for lave og for høje til, at det var muligt at estimere ED₅₀. For de tre øvrige herbicider er der estimeret ED₅₀ for begge ukrudtsarter. Resultaterne er vist i tabel 8 - 13

Tabel 8. Estimerede ED₅₀ for Roundup PowerMax anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på alm. rajgræs. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (kg/ha)	Standardfejl
Roundup PowerMax		8	0,071	0,0084
	0,2 % Bio pH Control	8	0,037**	0,0055
	0,3 % Fosmagnit	8	0,054	0,0072
	0,1 % NovaBalance	8	0,044	0,0058
		17	0,084	0,0106
	0,2 % Bio pH Control	17	0,046**	0,0062
	0,3 % Fosmagnit	17	0,065	0,0070
	0,1 % NovaBalance	17	0,064*	0,0072

Tabel 9. Estimerede ED₅₀ for Roundup PowerMax anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på agerstedmoder Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (kg/ha)	Standardfejl
Roundup PowerMax		8	0,073	0,0111
	0,2 % Bio pH Control	8	0,039*	0,0060
	0,3 % Fosmagnit	8	0,054	0,0089
	0,1 % NovaBalance	8	0,064	0,0080
		17	0,099	0,0135
	0,2 % Bio pH Control	17	0,034***	0,0048
	0,3 % Fosmagnit	17	0,040***	0,0065
	0,1 % NovaBalance	17	0,074*	0,0103

Tabel 10. Estimerede ED₅₀ for Glyphomax HL anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på alm. rajgræs. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Glyphomax HL		8	0,077	0,0061
	0,2 % Bio pH Control	8	0,040***	0,0037
	0,3 % Fosmagnit	8	0,094	0,0070
	0,1 % NovaBalance	8	0,070	0,0061
		17	0,149	0,0116
	0,2 % Bio pH Control	17	0,066***	0,0067
	0,3 % Fosmagnit	17	0,092***	0,0086
	0,1 % NovaBalance	17	0,122	0,0099

Tabel 11. Estimerede ED₅₀ for Glyphomax HL anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på agerstedmoder. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Glyphomax HL		8	0,090	0,0116
	0,2 % Bio pH Control	8	0,033***	0,0047
	0,3 % Fosmagnit	8	0,069	0,0080
	0,1 % NovaBalance	8	0,058*	0,0070
		17	0,161	0,0180
	0,2 % Bio pH Control	17	0,047***	0,0047
	0,3 % Fosmagnit	17	0,049***	0,0050
	0,1 % NovaBalance	17	0,084***	0,0107

Tabel 12. Estimerede ED₅₀ for Cossack OD anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på alm. rajgræs. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Cossack OD		8	0,24	0,034
	0,2 % Bio pH Control	8	0,14	0,030
	0,3 % Fosmagnit	8	0,12*	0,024
	0,1 % NovaBalance	8	0,22	0,031
		17	0,35	0,057
	0,2 % Bio pH Control	17	0,21	0,038
	0,3 % Fosmagnit	17	0,12***	0,019
	0,1 % NovaBalance	17	0,17*	0,029

Tabel 13. Estimerede ED₅₀ for Cossack OD anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand på agerstedmoder. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Cossack OD		8	0,045	0,0103
	0,2 % Bio pH Control	8	0,057	0,0133
	0,3 % Fosmagnit	8	0,041	0,0105
	0,1 % NovaBalance	8	0,056	0,0130
		17	0,084	0,0178
	0,2 % Bio pH Control	17	0,050	0,0117
	0,3 % Fosmagnit	17	0,053	0,0127
	0,1 % NovaBalance	17	0,050	0,0110

I denne forsøgsserie er der fundet signifikante effekter af Bio pH Control på effekten af både Roundup PowerMax og Glyphomax HL med begge vandkvaliteter og på begge ukrudtsarter. Effekten af de to øvrige additiver var mere varierende. Fosmagnit øgede effekten af Roundup PowerMax over for agerstedmoder i hårdt vand og af Glyphomax HL over for både alm. rajgræs og agerstedmoder i hårdt vand. NovaBalance øgede effekten af Roundup PowerMax over for både alm. rajgræs og agerstedmoder i hårdt vand og af Glyphomax HL over for agerstedmoder i både blødt og hårdt vand. For Cossack OD blev der fundet en signifikant bedre effekt med Fosmagnit over for alm. rajgræs i både blødt og hårdt vand samt med NovaBalance i hårdt vand. Der var ingen signifikant effektforbedring af Cossack OD over for agerstedmoder.

Forsøgsserie 2, Første gentagelse

I denne forsøgsserie blev det undersøgt, om en eventuel positiv effekt af Bio pH Control kan tilskrives dets kompleksbindende egenskaber eller den reduktion i sprøjtevæskens pH, som tilsætningen resulterer i. Ammoniumsulfat reagerer med calcium- og magnesiumionerne i sprøjtevæsken og danner tungtopløseligt calcium- og magnesiumsulfat, hvilket inaktiverer disse ioner, men ammoniumsulfat har ingen effekt på sprøjtevæskens pH (Tabel 2). Omvendt så sænker eddikesyrebufferen sprøjtevæskens pH til en pH værdi i samme størrelsesorden som Bio pH Control, men da både calcium- og magnesiumacetat er meget letopløselige salte, vil eddikesyrebufferen ikke have kompleksbindende egenskaber. I tabel 14-17 er vist de beregnede ED₅₀. Det var muligt at beregne ED₅₀ for samtlige sprøjteblandinger.

Tabel 14. Estimerede ED₅₀ for Roundup PowerMax anvendt alene og i blanding med Bio pH Control, ammoniumsulfat samt udsprøjtet i en eddikesyrebuffer på alm. rajgræs. Blandingerne er udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicid	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (kg/ha)	Standardfejl
Roundup PowerMax		8	0,026	0,0016
	0,2 % Bio pH Control	8	0,020*	0,0014
	1 % Ammoniumsulfat	8	0,018***	0,0013
	0,1 M eddikesyrebuffer	8	0,026	0,0017
		17	0,027	0,0017
	0,2 % Bio pH Control	17	0,022*	0,0015
	1 % Ammoniumsulfat	17	0,024	0,0015
	0,1 M eddikesyrebuffer	17	0,034*	0,0022

Tabel 15. Estimerede ED₅₀ for Roundup PowerMax anvendt alene og i blanding med Bio pH Control, ammoniumsulfat samt udsprøjtet i en eddikesyrebuffer på agerstedmoder. Blandingerne er udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicid	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (kg/ha)	Standardfejl
Roundup PowerMax		8	0,038	0,0067
	0,2 % Bio pH Control	8	0,064	0,0100
	1 % Ammoniumsulfat	8	0,040	0,0065
	0,1 M eddikesyrebuffer	8	0,054	0,0084
		17	0,058	0,0093
	0,2 % Bio pH Control	17	0,033	0,0072
	1 % Ammoniumsulfat	17	0,035	0,0052
	0,1 M eddikesyrebuffer	17	0,042	0,0120

Tabel 16. Estimerede ED₅₀ for Glyphomax HL anvendt alene og i blanding med Bio pH Control, ammoniumsulfat samt udsprøjtet i en eddikesyrebuffer på alm. rajgræs. Blandingerne er udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Glyphomax HL		8	0,073	0,0093
	0,2 % Bio pH Control	8	0,078	0,0092
	1 % Ammoniumsulfat	8	0,057	0,0066
	0,1 M eddikesyrebuffer	8	0,086	0,0103
		17	0,080	0,0102
	0,2 % Bio pH Control	17	0,066	0,0088
	1 % Ammoniumsulfat	17	0,061	0,0082
	0,1 M eddikesyrebuffer	17	0,072	0,0107

Tabel 17. Estimerede ED₅₀ for Glyphomax HL anvendt alene og i blanding med Bio pH Control, ammoniumsulfat samt udsprøjtet i en eddikesyrebuffer på agerstedmoder. Blandingerne er udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Glyphomax HL		8	0,136	0,0232
	0,2 % Bio pH Control	8	0,107	0,0273
	1 % Ammoniumsulfat	8	0,089	0,0148
	0,1 M eddikesyrebuffer	8	0,176	0,0275
		17	0,189	0,0273
	0,2 % Bio pH Control	17	0,163	0,0273
	1 % Ammoniumsulfat	17	0,115	0,0192
	0,1 M eddikesyrebuffer	17	0,085**	0,0132

Modsat forsøgsserie 1 blev der i denne forsøgsserie fundet meget få signifikante effekter med Bio pH Control. Med Roundup PowerMax var effekten i blanding med Bio pH Control signifikant over for alm. rajgræs ved begge hårdhedsgrader men ikke over for agerstedmoder. Derimod blev der ikke fundet signifikante effekter

ved tilsætning af Bio pH Control til Glyphomax HL. Der var ikke noget tydeligt mønster i effekterne af ammoniumsulfat og eddikesyrebufferen, idet ammoniumsulfat kun i et enkelt tilfælde forøgede effekten (Roundup PowerMax, blødt vand, alm. rajgræs), mens eddikesyrebufferen øgede effekten i to tilfælde (Roundup PowerMax og Glyphomax HL, hårdt vand, agerstedmoder).

Forsøgsserie 2, Anden gentagelse

I anden gentagelse af forsøgsserie 2 var det også muligt at estimere ED₅₀ for samtlige kombinationer af herbicider, additiver og vandkvalitet. Resultaterne er vist i tabel 18-21 samt Figur 1.

Tabel 18. Estimerede ED₅₀ for Roundup PowerMax anvendt alene og i blanding med Bio pH Control, ammoniumsulfat samt udsprøjtet i en eddikesyrebuffer på alm. rajgræs. Blandingerne er udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (kg/ha)	Standardfejl
Roundup PowerMax		8	0,060	0,0073
	0,2 % Bio pH Control	8	0,034**	0,0041
	1 % Ammoniumsulfat	8	0,021***	0,0030
	0,1 M eddikesyrebuffer	8	0,080	0,0094
		17	0,119	0,0149
	0,2 % Bio pH Control	17	0,073*	0,0085
	1 % Ammoniumsulfat	17	0,023***	0,0031
	0,1 M eddikesyrebuffer	17	0,089	0,0109

0,30 0,15 0,075 0,038 0,019 Kontrol 0,019 0,038 0,075 0,15 0,30 L/ha

Ingen additiv
 Bio pH Control
 Ammoniumsulfat
 Eddikesyrebuffer



Hårdhedsgrad 8

Hårdhedsgrad 17

Figur 1. Roundup PowerMax anvendt alene og i blanding med Bio pH Control, ammoniumsulfat samt udsprøjtet i en eddikesyrebuffer på alm. rajgræs. Blandingerne er udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand.

Tabel 19. Estimerede ED₅₀ for Roundup PowerMax anvendt alene og i blanding med Bio pH Control, ammoniumsulfat samt udsprøjtet i en eddikesyrebuffer på agerstedmoder. Blandingerne er udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicide	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (kg/ha)	Standardfejl
Roundup PowerMax		8	0,0098	0,00398
	0,2 % Bio pH Control	8	0,0102	0,00362
	1 % Ammoniumsulfat	8	0,0099	0,00352
	0,1 M eddikesyrebuffer	8	0,0220	0,00562
		17	0,0430	0,01128
	0,2 % Bio pH Control	17	0,0337	0,00803
	1 % Ammoniumsulfat	17	0,0179	0,00512
	0,1 M eddikesyrebuffer	17	0,0315	0,00975

Tabel 20. Estimerede ED₅₀ for Glyphomax HL anvendt alene og i blanding med Bio pH Control, ammoniumsulfat samt udsprøjtet i en eddikesyrebuffer på alm. rajgræs. Blandingerne er udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicid	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Glyphomax HL		8	0,083	0,0117
	0,2 % Bio pH Control	8	0,048*	0,0068
	1 % Ammoniumsulfat	8	0,021***	0,0039
	0,1 M eddikesyrebuffer	8	0,106	0,0134
		17	0,111	0,0153
	0,2 % Bio pH Control	17	0,059**	0,0077
	1 % Ammoniumsulfat	17	0,025***	0,0041
	0,1 M eddikesyrebuffer	17	0,095	0,0158

Tabel 21. Estimerede ED₅₀ for Glyphomax HL anvendt alene og i blanding med Bio pH Control, ammoniumsulfat samt udsprøjtet i en eddikesyrebuffer på agerstedmoder. Blandingerne er udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand. Hvis ED₅₀ doseringer er efterfulgt af stjerner, angiver de signifikans i forhold til ingen additiv inden for hver hårdhedsgrad (* p<0,05, ** p<0,01 og ***p<0,001).

Herbicid	Additiv	Hårdhedsgrad	ED ₅₀ (L/ha)	Standardfejl
Glyphomax HL		8	0,056	0,0163
	0,2 % Bio pH Control	8	0,039	0,0112
	1 % Ammoniumsulfat	8	0,021	0,0080
	0,1 M eddikesyrebuffer	8	0,070	0,0200
		17	0,147	0,0405
	0,2 % Bio pH Control	17	0,063	0,0182
	1 % Ammoniumsulfat	17	0,021*	0,0081
	0,1 M eddikesyrebuffer	17	0,040*	0,0122

For Roundup PowerMax var resultaterne identiske med resultaterne af den første forsøgsserie, mens der for Glyphomax HL blev fundet flere signifikante forskelle end i den første forsøgsserie. Bio pH Control og

ammoniumsulfat øgede effekten over for alm. rajgræs i både blødt og hårdt vand, mens ammoniumsulfat og eddikesyrebufferen øgede effekten over for agerstedmoder i hårdt vand.

3.3 Fungicidforsøg

3.1.3 Bioassays og pH målinger

For Balaya opløsningerne uden tilsætning af additiver var pH i sprøjteopløsningerne med doseringen 0,75 l/ha omkring 7,14 i vandet med hårdhed 8 og 7,44 i vandet med hårdhed 17. Tilsætning af de tre additiver reducerede i alle tilfælde pH markant. Tilsætning af Bio pH Control resulterede i den største reduktion af pH, hvilket var tydeligt ved begge vandtyper. Effekten af Fosmagnit og NovaBalance på pH var mere begrænset i det hårde vand, hvilket indikerer, at det kunne have været relevant at anvende en højere dosering af disse to additiver i hårdt vand.

Angrebene af gulrust udviklede sig efter planen og kunne ses ca. 10 dage efter inokulering. Det kom kun angreb i de ubehandlede led, og her blev der bedømt betydelige og ensartede angreb på de 3 datoer. Alle de testede løsninger virkede 100% (Tabel 22).

I forsøget blev der observeret lette svidninger, hvor der var brugt den højeste dosering af Balaya (0,75 l/ha). Dette er ret almindeligt under væksthushold, hvor vokslaget ofte er tyndere sammenlignet med markforhold.

Tabel 22: Resultater fra bioassay forsøg med Balaya anvendt alene og i blanding med 3 pH reducerende additiver udbragt i blødt (hårdhedsgrad 8) og hårdt (hårdhedsgrad 17) vand.

Balaya dosering L/ha	Additiv	Hårdhed	pH	Visuel skade 7/10	% gulrust på 2 øvre blade		
					7/11	9/11	14/11
Kontrol					13,8	15,0	33,8
0,75		8	7,15		0	0	0
0,375		8			0	0	0
0,19		8			0	0	0
0,75	0,2% Bio pH Control	8	2,30	Ja	0	0	0
0,375	0,2% Bio pH Control	8	2,35		0	0	0
0,19	0,2% Bio pH Control	8			0	0	0
0,75	0,1% NovaBalance	8	3,26		0	0	0
0,375	0,1% NovaBalance	8			0	0	0
0,19	0,1% NovaBalance	8			0	0	0

0,75	0,3% Fosmagnit	8	3,32	Ja	0	0	0
0,375	0,3% Fosmagnit	8			0	0	0
0,19	0,3% Fosmagnit	8			0	0	0
0,75		17	7,44	Ja	0	0	0
0,375		17			0	0	0
0,19		17			0	0	0
0,75	0,2% Bio pH Control	17	2,90	Ja	0	0	0
0,375	0,2% Bio pH Control	17	2,78		0	0	0
0,19	0,2% Bio pH Control	17			0	0	0
0,75	0,1% NovaBalance	17	6,2	Ja	0	0	0
0,375	0,1% NovaBalance	17	6,11		0	0	0
0,19	0,1% NovaBalance	17			0	0	0
0,75	0,3% Fosmagnit	17	5,78	ja	0	0	0
0,375	0,3% Fosmagnit	17			0	0	0
0,19	0,3% Fosmagnit	17			0	0	0

Resultaterne peger på en stor robusthed i forhold til at opnå gode effekter selv ved meget varierende pH værdier. På grund af det meget høje effektniveau af alle behandlinger er det ikke muligt at konkludere på, om man med endnu lavere doseringer og mere kurative forhold vil kunne se en forskel i bekæmpelsesgraden med de anvendte additiver. Dette vil kræve yderligere forsøg.

4. Diskussion

Tidligere forsøg har vist, at effekten af herbicider, som forekommer som anioner i en sprøjteopløsning, kan påvirkes negativt ved udsprøjtning i hårdt vand. Fokus har især været på glyphosat, og der er gennemført talrige undersøgelser, som har vist reducerede effekter ved udsprøjtning i hårdt vand (f.eks. Devkota & Johnson 2020; Gauvrit 2003). Men også hormonmidler som MCPA og dicamba samt sulfonyleureamidler kan påvirkes af forekomsten af calcium- og magnesiumioner i vandet men ofte er effekten mindre, end tilfældet er med glyphosat.

I de gennemførte undersøgelser er anvendt vand med en hårdhedsgrad på henholdsvis 8 og 17, som i Danmark betegnes som henholdsvis blødt og hårdt vand. Af de i alt 13 forsøg, der er udført med glyphosatprodukter, er der kun fundet signifikante forskelle i ED₅₀ i 4 af forsøgene, hvilket var uventet. En årsag kan være, at "referencen" i nærværende forsøg er vand med en hårdhedsgrad på 8. I tidligere danske og udenlandske undersøgelser er der som regel anvendt deioniseret vand som reference, dvs. forskellen i

indhold af calcium- og magnesiumioner imellem referencen og de undersøgte vandkvaliteter har været større, hvilket kan forklare, at der oftere er fundet signifikante nedsatte effekter ved udsprøjtning i hårdt vand. I et af forsøgene med Broadway og Cossack OD er der ligeledes fundet signifikante forskelle imellem de to vandkvaliteter men kun på agerstedmoder.

I forsøgene er der anvendt den nyeste "generation" af glyphosatformuleringer, og det er sandsynligt, at disse produkter indeholder flere kompleksbindende stoffer end tidligere glyphosatformuleringer og derfor ikke påvirkes i samme grad af vandets hårdhedsgrad. Round PowerMax er et granulat, hvor det rent teknisk er lettere at indbygge f.eks. ammoniumsulfat i formuleringen end i flydende formuleringer. Valget af formuleringer er måske også en af årsagerne til, at de pH reducerende additiver, som for Bio pH Control's og Novo Balance's vedkommende også har kompleksbindende egenskaber, havde en varierende effekt på de undersøgte herbicider.

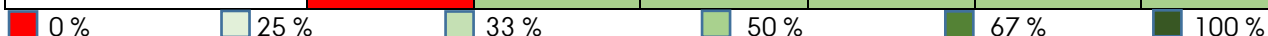
I tabel 22 er resultaterne fra de fire forsøg sammenstillet. Farverne angiver, i hvor mange procent af forsøgene, der er fundet signifikante effektforøgelse med de tre additiver. Som det kan ses, er det kun i få tilfælde, at tilsætning af additiver har forøget effekten ved udsprøjtning i blødt vand, og det er primært med Bio pH Control, at der er observeret effektforøgelse. Ved udsprøjtning i hårdt vand er der i markant flere tilfælde observeret effektforøgelse ved tilsætning af additiverne, og her er forskellene imellem additiverne mindre udtalte. Det skal understreges, at der i flere tilfælde kun ligger et forsøg bag farvemarkeringerne (markeret med en stjerne). En sammenligning af herbiciderne viser, at glyphosatproduktet og Cossack OD responderede mere på tilsætning af additiver end Broadway.

Glyphosat kan dissociere fire steder på molekylet og har pK_a værdier på 2,0, 2,6, 5,6 og 10,6, hvilket betyder, at det uanset sprøjteopløsningens pH altid vil forekomme som en anion. Modsat er alle aktivstofferne i Broadway og Cossack OD svage syrer med pK_a værdier imellem 3,2 og 4,7. Det betyder, at sænkes pH til 2,0 til 2,5, som det er muligt med Bio pH Control, så vil en stor del af molekylerne forekomme på den neutrale syreform og ikke som anion. Syreformen er mindre opløselig i vand end anion, og en pH sænkning kan betyde, at fra at være en opløsning ændres sprøjtevæsken til at være en dispersion, hvilket kan reducere optagelsen i planterne. Hvis opløseligheden ikke er et problem ved lavt pH, så kan pH sænkningen omvendt øge effekten af herbicidet, da det uladede syremolekyle lettere optages i planten end den negativ ladede anion (Green & Hale 2005). Udfaldet af en pH sænkning afhænger således af opløseligheden af aktivstofferne. Det var ikke muligt at finde oplysninger om opløseligheden af aktivstofferne i Broadway og Cossack OD ved forskellige pH, og derfor heller ikke muligt at vurdere, om opløseligheden ved lavt pH kan være årsagen til de to aktivstoffers forskellige respons til de tre additiver.

Sulfonylurea herbicider hydrolyseres hurtigere ved lavt pH, og nedbrydning i sprøjtetanken kan være et problem med nogle af disse herbicider. Begge aktivstoffer i Cossack OD (iodosulfuron-methyl-natrium og mesosulfuron-methyl) er sulfonylurea herbicider, men i henhold til de oplysninger, det har været muligt at finde i litteraturen, så er halveringstiden ved de laveste pH værdier i undersøgelsen stadig i størrelsesordenen nogle dage. Da sprøjteblandingerne blev fremstillet, efterhånden som de skulle anvendes, vurderes

Tabel 22. Oversigt over de tre pH reducerende additivs indflydelse på effekten af Roundup PowerMax, Glyphomax HL, Broadway og Cossack OD. Farvekoder angiver procentdelen af forsøg med signifikant udslag. Et X angiver, at der kun foreligger resultater fra et forsøg. For Bio pH Control er medtaget forsøgene fra begge forsøgsserier.

	Blødt vand (hårdhedsgrad 8)					
	Alm. rajgræs			Agerstedmoder		
	Bio pH Control	Fosmagnit	NovaBalance	Bio pH Control	Fosmagnit	NovaBalance
Roundup PowerMax	67%	0%	0%	33%	0%	0%
Glyphomax HL	33%	0%	0%	33%	0%	0%
Broadway	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cossack OD	0%	33%	0%	0%	0%	33%
	Hårdt vand (hårdhedsgrad 17)					
	Alm. rajgræs			Agerstedmoder		
	Bio pH Control	Fosmagnit	NovaBalance	Bio pH Control	Fosmagnit	NovaBalance
Roundup PowerMax	67%	0%	67%	33%	67%	67%
Glyphomax HL	33%	33%	0%	33%	67%	67%
Broadway	0%	0%	0%	0%	0%	67%
Cossack OD	0%	33%	33%	33%	33%	33%



nedbrydning i sprøjteopløsningen ikke at have påvirket effekten af Cossack OD. Men det kan blive et problem, hvis man er nødt til at afbryde sprøjtningen pga. f.eks. regn, og der går et par dage, før sprøjtningen kan genoptages. Hydrolyse af de to aktivstoffer i Broadway er mindre påvirket af pH, end tilfældet er med aktivstofferne i Cossack OD.

I den anden forsøgsserie var formålet at undersøge, hvorvidt en positiv effekt af Bio pH Control kunne tilskrives en inaktivering af calcium- og magnesiumionerne i det hårde vand eller pH sænkningen. Det blev undersøgt ved henholdsvis at tilsætte ammoniumsulfat, som inaktiverer kationerne, men ikke ændrer pH i sprøjteopløsningen, og ved at udsprøjte herbiciderne i en eddikesyrebuffer, som sænker pH, men ingen kompleksbindende egenskaber har. Der er udført i alt 16 forsøg i forsøgsserie 2 (2 glyphosatformuleringer x 2 hårdhedsgrader x 2 ukrudtsarter x 2 gentagelser), og i 6 af disse forsøg er der observeret en forbedret effekt med Bio pH Control. I 5 af disse 6 forsøg er der også observeret en effektforbedring ved tilsætning af ammoniumsulfat, mens der kun er fundet signifikante udslag med eddikesyrebufferen i et af de 6 forsøg. Heruover er der fundet positive effekter af ammoniumsulfat i et og af eddikesyrebufferen i to forsøg, hvor Bio pH Control ikke øgede effekten. Disse resultater tyder på, at inaktivering af kationer i vandet er vigtigere for at sikre effekten af glyphosatprodukterne end en pH sænkning. Det skal understreges, at det faktum, at der kun er observeret signifikante effekter af Bio pH Control i 6 af de 16 forsøg, gør det vanskeligere at drage klare konklusioner vedrørende den primære virkemekanisme af Bio pH Control, end hvis der havde været en positiv effekt i alle 16 forsøg.

I den anden gentagelse af forsøgsserie 2, blev additiverne tilsat til sprøjteopløsningen før herbiciderne, som er den fremgangsmåde, der anbefales af bl.a. producenten af Bio pH Control. I den første gentagelse, samt i forsøgene med de tre pH sænkende additiver, blev herbicider og additiver opblandet hver for sig og først blandet sammen umiddelbart før udsprøjtning. Der var flere signifikante udslag i anden gentagelse af forsøgsserien, og det kan således ikke udelukkes, at rækkefølgen, i hvilken produkterne tilsættes, kan have betydning for effekten. Udover forskelle i opblandingsmetoden, så er forsøgene udført på forskellig tidspunkter på året, og i den anden forsøgsserie har planterne, i modsætning til den første forsøgsserie, stået i væksthuse efter sprøjtning, så der er en række forhold, der har varieret. I alle vores tidligere forsøg med glyphosat og ammoniumsulfat, som har dannet grundlag for de nuværende anbefalinger om tilsætning af ammoniumsulfat ved udsprøjtning i hårdt vand, er ammoniumsulfat tilsat efter herbicidet. Udenlandske undersøgelser har vist, at ammoniumsulfat neutraliserer effekten af hårdt vand, ved at ammoniumionen fortrænger calciumionen fra glyphosatmolekylet, og calcium efterfølgende udfældes som calciumsulfat (Thelen et al., 1995). Da der er tale om kemiske ligevægte, er det usikkert, hvorvidt rækkefølgen, i hvilken produkterne tilsættes, vil have nogen betydning.

5. Konklusion

Forsøgene har vist, at effekten af at tilsætte Bio pH Control, Fosmagnit og NovaBalance til Roundup PowerMax og Glyphomax HL var varierende. Udsprøjtet i blødt vand (hårdhedsgrad 8) er der kun observeret

positive effekter med Bio pH Control, mens der er eksempler på positive effekter med alle 3 produkter ved udsprøjtning i hårdt vand (hårdhedsgrad 17). I en anden forsøgsserie blev det undersøgt, om en eventuel effekt af Bio pH Control skulle tilskrives dets evne til at inaktivere de calcium- og magnesiumioner, som forekommer i hårdt vand, eller om det skyldes pH reduktionen i sprøjtevæsken. Disse forsøg viste, at evnen til inaktivere calcium og magnesium synes at være den vigtigste mekanisme, hvilket også kan opnås ved tilsætning af ammoniumsulfat.

Men en enkelt undtagelse var der ingen effekter af at tilsætte de pH reducerende additiver til Broadway, mens der med Cossack OD blev observeret positive effekter i en række af forsøgene udført med hårdt vand.

Som følge af en for høj effekt af de anvendte doseringer af Balaya, var det ikke muligt at drage konklusioner vedrørende effekten af de pH reducerende additivs indflydelse på effekten af dette fungicid.

6. Litteratur

Devkota, P., & Johnson, W. G. (2020) Efficacy of dicamba and glyphosate as influenced by carrier water pH and hardness. *Weed Technology*, 34: 101-106.

Gauvrit, C. (2003) Glyphosate response to calcium, ethoxylated amine surfactant, and ammonium sulfate. *Weed Technology*. 17: 799-804.

Green, JM, & Hale, T (2005) Increasing the biological activity of weak acid herbicides by increasing and decreasing the pH of the spray mixture. *Journal of ASTM International* 2: 62-71

Thelen, K.D., Jackson, E.P., & Penner, D. (1995) The basis for hard-water antagonism of glyphosate activity. *Weed Science*, 43: 541-548.