



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Biologisk ukrudtsbekæmpelse i kornafgrøder med forøget rumlig uniformitet og høj afgrødetæthed

Jannie Olsen¹, Hans-Werner Griepentrog¹, Søren Marcus
Pedersen², Jens Erik Ørum² og Jacob Weiner¹

1 Københavns Universitet, Institut for Jordbrug og Økologi
2 Københavns Universitet, Fødevarerøkonomisk Institut

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING	7
SUMMARY	11
1 BAGGRUND	13
1.1 TEORI	13
1.2 TEST AF HYPOTESER	15
1.3 FORDELE OG ULEMPER	16
1.4 FORMÅL	17
1.5 BAGGRUND FOR PROJEKTETS FIRE DELOMRÅDER	17
1.5.1 Del I: Markforsøg i lille skala	17
1.5.2 Del II: Rumlige analyser	18
1.5.3 Del III: Markforsøg i stor skala	19
1.5.4 Del IV: Driftsøkonomiske analyser	20
2 MATERIALER OG METODE	21
2.1 FORSØGSAREAL	21
2.2 VEJRFORHOLD	21
2.3 HVEDESORTER	23
2.4 DEL I: MARKFORSØG I LILLE SKALA	23
2.4.1 Afgrødemønstre	24
2.4.2 Vårhvede 2007	33
2.4.3 Vinterhvede 2007	33
2.4.4 Vårhvede 2008	34
2.4.5 Vinterhvede 2008	34
2.4.6 Vårhvede 2009	35
2.5 DEL II: RUMLIGE ANALYSER	35
2.5.1 Generering af afgrødemønstre	36
2.5.2 Eksempel på generering af mønstre ved 10 cm rækkeafstand	37
2.6 DEL III: MARKFORSØG I STOR SKALA	42
2.6.1 Forsøgsplan	42
2.6.2 Vinterhvede 2007	44
2.6.3 Vårhvede 2008	44
2.6.4 Vinterhvede 2008	45
2.6.5 Vårhvede 2009	45
2.7 DEL IV: DRIFTSØKONOMISKE ANALYSER	46
2.7.1 Omkostningsstruktur	46
3 RESULTATER	47
3.1 DEL I: FORSØG I LILLE SKALA	47
3.1.1 Vårhvede 2007	47
3.1.2 Vinterhvede 2007	52
3.1.3 Vårhvede 2008	54
3.1.4 Vinterhvede 2008	60
3.1.5 Vårhvede 2009	67
3.1.6 Sammenfatning af resultater	74
3.2 DEL II: RUMLIGE ANALYSER	75

3.3	DEL III: MARKFORSØG I STOR SKALA	76
3.3.1	<i>Vinterhvede 2007</i>	76
3.3.2	<i>Vårhvede 2008</i>	83
3.3.3	<i>Vinterhvede 2008</i>	91
3.3.4	<i>Vårhvede 2009</i>	100
3.3.5	<i>Sammenfatning af resultater</i>	110
3.4	DEL IV: DRIFTSØKONOMISKE ANALYSER	111
3.4.1	<i>Udvalgte systemer</i>	111
3.4.2	<i>Udbytter</i>	112
3.4.3	<i>Rentabilitet</i>	114
4	DISKUSSION	119
4.1	BETYDNING AF FORSKELLIGE AFGRØDEMØNSTRE	119
4.2	KONVENTIONEL OG ØKOLOGISK DYRKNING	120
4.3	SIMULERING AF FORSKELLIGE AFGRØDEMØNSTRE	123
4.4	ØKONOMI	123
4.5	VEJRFORHOLD	124
5	KONKLUSION	127
6	PERSPEKTIVERING	129
6.1	ANVENDELSESMÆSSIG PERSPEKTIVERING	129
6.2	FORSKNINGSMÆSSIG PERSPEKTIVERING	130
7	REFERENCER	133

Bilag A – Script-filer i Matlab til generering af afgrødemønstre

Bilag B – Script-filer i Matlab til beregning af Morisita Index

Bilag C – Rådata fra forsøg

Bilag D - Cultivation systems for grain crop establishing in different spatial patterns

Forord

Formålet med dette projekt har været at opbygge en viden om sammenhængen mellem kornafgrøders tæthed og rumlige mønster og konkurrence med ukrudt, at undersøge hvordan denne viden kan anvendes i en ukrudtsbekæmpelsesstrategi i produktionen samt at analysere de driftsøkonomiske konsekvenser ved anvendelse af en ny dyrkningsstrategi.

Projektet er gennemført i perioden 1. januar 2007 – 1. juli 2010.

Projektet er udført som et samarbejde mellem 2 institutter ved Københavns Universitet. Fra Institut for Jordbrug og Økologi har professor Jacob Weiner (projektleder), lektor Hans-Werner Griepentrog og post.doc Jannie Olsen deltaget. Fra Fødevarerøkonomisk Institut har seniorforsker Søren Marcus Pedersen og seniorrådgiver Jens Erik Ørum deltaget.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe bestående af følgende personer:

- Jørn Kirkegaard (koordinator) og Lise Samsøe-Petersen, Miljøstyrelsen.
- Poul Henning Petersen, Videncentret for Landbrug.
- Lise Nistrup Jørgensen, Institut Agroøkologi, Aarhus Universitet
- Kristian Kristensen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet
- Peter Esbjerg, Søren Navntoft, Lene Sigsgaard og Louise Christoffersen Andresen, Institut for Jordbrug og Økologi, Københavns Universitet.
- Niels Lindemark, Dansk Planteværn
- Hanne Lindhard Pedersen, Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet.

Endvidere takkes referees Lise Samsøe-Petersen (Miljøstyrelsen), Ib Johnsen (Biologisk Institut, Københavns Universitet), Henriette Hossy (Miljøstyrelsen) og Poul-Henning Petersen (Videncentret for Landbrug) for deres værdifulde kommentarer til rapporten.

Sammenfatning

Dette projekt har haft til formål at opbygge en viden om sammenhængen mellem afgrødens tæthed, afgrødens rumlige mønster og konkurrence med ukrudt samt at undersøge, hvordan en dyrkningsstrategi baseret på en høj afgrødetæthed samt en forøget regelmæssighed i afgrødemønstret (uniformitet) vil kunne anvendes i produktionen på den mest effektive måde. Endvidere er de driftsøkonomiske konsekvenser ved anvendelse af denne nye dyrkningsstrategi blevet analyseret.

Rapporten præsenterer resultater fra de fire delområder som projektet har været opdelt i

- I) Markforsøg i lille skala (1 x 1 m parceller) er blevet udført for at bestemme en uniformitetsgrad i afgrødemønstret, hvor der opnås en tilfredsstillende undertrykkelse af ukrudt. Disse forsøg blev udført i vårhvede 2007-2009 og i vinterhvede 2007-2008, hvor der blev anvendt 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²) og 5 afgrødemønstre med en stigende grad af regelmæssighed i afgrødemønstret (fra 12,5 cm rækkeafstand til helt regelmæssigt mønster). Som et mål for afgrødens konkurrenceevne over for ukrudt, blev biomassen af ukrudt og afgrøde opgjort, når det skønnedes at ukrudtsbiomassen var maksimal (omkring midsommer),
- II) En teoretisk del, der omhandlede rumlige analyser af forskellige afgrødemønstre for at undersøge disses 2-dimensionelle rumlige uniformitet. Disse analyser blev udført for at få en viden om, hvilke muligheder der er for at opnå en ønsket grad af regelmæssighed i afgrødemønstret,
- III) Markforsøg udført i stor skala (1,5 x 8 m parceller), hvor traditionelle dyrkningssystemer inden for økologisk og konventionel dyrkning blev sammenlignet med dyrkningssystemer med forøget afgrødetæthed og uniformitet med hensyn til ukrudtsbekæmpelse. Disse forsøg blev udført i vårhvede 2008-2009 og i vinterhvede 2007-2008, hvor der blev anvendt 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) og 3 afgrødemønstre (4 cm og 12,8 cm rækkeafstand samt et regelmæssigt mønster). Den producerede ukrudts- og afgrødebiomasse blev opgjort ved midsommer og kerneudbyttet af afgrøden blev opgjort i august ved modenhed,
- IV) Driftsøkonomiske analyser, der omfatter en sammenlignende analyse af forskellige dyrkningsmetoder, hvor også resultater fra III indgår

Resultaterne fra forsøg i lille skala (delområde I), viste en klar effekt af afgrødetæthed på både afgrøde- og ukrudtsbiomasse. I et år var der effekt af mønster på både afgrøde- og ukrudtsbiomasse, men i de 2 øvrige år var der ingen effekt af afgrødemønstre på hverken afgrøde- eller ukrudtsbiomassen. Den producerede ukrudts- og afgrødebiomasse (i vårhvedeforsøgene) det første år afveg noget fra de to følgende år. Den gennemsnitlige afgrødebiomasse var henholdsvis 15 % og 18 % **højere** i de sidste 2 år i forhold til det første og ukrudtsbiomassen var gennemsnitligt 69 % og 55 % **lavere** i de sidste 2 år i forhold til det første. Desværre er der kun resultater fra et enkelt års forsøg i vinterhvede. Her var der effekt af afgrødetæthed på både afgrøde-

og ukrudtsbiomasse samt effekt af mønster på ukrudtsbiomassen. Vårhvedeforsøgene 2008 og 2009 led under de tørre og varme forår især i 2008. I vinterhvedeforsøget blev der fundet den højeste biomasse af både afgrøde og ukrudt. Det kunne altså tyde på, at 1) vandmanglen især i 2008 har haft en større (negativ) indflydelse på produktionen af ukrudtsbiomasse end den har haft på produktionen af afgrødebiomasse, 2) afgrødeplanterne, på trods af, at de så ud til at lide under tørken i starten af vækstsæsonen, alligevel har kunnet opnå en afgrødebiomasse, der rent faktisk var højere end i 2007 og 3) afgrøden, uanset afgrødemønster, har kunnet udnytte ressourcerne mellem rækkerne i større grad end tilfældet har været i 2007, hvor konkurrencen fra ukrudtet har været større. En mulig forklaring på den manglende effekt af mønster i 2008 og 2009 kunne være, at vandmangel resulterer i at konkurrencen bliver mindre størrelses-asymmetrisk.

Den beskrevne geometriske mønsteranalyse (delområde II) kan give et indtryk af, hvordan variationen i planters vækstbetingelser kan reduceres ved at ændre på rækkeafstanden og/eller fordelingen af planter inden for rækken. Virkningen af en uens fordeling af hænger af arten ligesom metoden til at forbedre uniformiteten afhænger af arten. For kornafgrøder med standard såteknologi og 12 cm rækkeafstand viste analysen, at en forbedring af uniformiteten bedst vil kunne opnås ved at reducere rækkeafstanden til 4 cm. (For raps viste analysen, at en forbedring af uniformiteten bedst vil kunne opnås ved hjælp af præcisionssåning.)

Resultaterne fra forsøg i stor skala (delområde III) viste generelt en effekt af afgrødetæthed på ukrudtsbiomasse og kerneudbytte i forsøgene, hvorimod effekten af afgrødetæthed på afgrødebiomassen ved midsommer varierede fra forsøg til forsøg. Mønstereffekten varierede ligeledes fra forsøg til forsøg, mens der i næsten alle forsøg var effekt af ukrudtsbekæmpelse (herbicid eller ukrudtsharvning) på ukrudtsbiomassen. Ukrudtsharvning eller herbicidbehandling havde ingen indflydelse på den producerede afgrødebiomasse ved midsommer. Med en enkelt undtagelse, så har ukrudtsharvning ikke haft nogen indflydelse på kerneudbyttet. Herbicidbehandling resulterede i alle tilfælde i et højere kerneudbytte.

Som for forsøgene i lille skala, kan en plausibel forklaring på den manglende effekt af afgrødemønster på afgrødebiomassen i vårhvede 2008 og i vårhvede 2009 på den konventionelle lokalitet være, at vandmangel resulterer i at konkurrencen bliver mindre størrelses-asymmetrisk.

En anden forklaring på den manglende effekt af afgrødemønster i disse forsøg, kan muligvis findes i de anvendte sorter i forsøgene. Her har været anvendt højtstående hvedesorter, som er tilgængelige på markedet. Planteforædling af sorter er tilpasset rækkesåning i lav tæthed med ukrudtsbekæmpelse og ikke et højtætheds-uniformt dyrkningssystem uden ukrudtsbekæmpelse. Denne forædling har muligvis resulteret i tab af konkurrenceevne over for ukrudt ved en ændring i den fænotypiske plasticitet. En ændring, der medfører forøget individuel fitness, det såkaldte "shade-avoidance response", vil reducere potentialet for ukrudtsundertrykkelse i det højtætheds-uniforme dyrkningssystem.

Generelt viser resultaterne, at høj afgrødetæthed og høj uniformitet kan bidrage til ukrudtsbekæmpelse. Der er ikke tale om en tærskelgrad, men en kontinuert effekt, der kan udnyttes i den grad man vil med hensyn til økonomi, miljøkrav o.s.v for at nedsætte herbicidforbruget.

De driftsøkonomiske analyser viste at dyrkningsteknik, udsædsmængde og udsædsmønstre havde stor økonomisk betydning. For vårhvede var det økonomisk optimalt at reducere rækkeafstanden fra de nuværende 12,5 til 4 cm i såvel konventionel som økologisk dyrkning. Ved økologisk dyrkning viste det sig at være rentabelt at anvende en højere udsædsmængde, hvorved den mekaniske ukrudtsbekæmpelse med fordel kunne undlades. Forøget tæthed, normal rækkeafstand og harvning resulterede i et højere nettoresultat på 280 kr/ha og mere end en halvering af ukrudtsbiomassen set i forhold til normal afgrødetæthed med harvning. 4 cm rækkeafstand, høj afgrødetæthed, uden harvning resulterede i en forøgelse af nettoresultatet på 850 kr/ha og en halvering af ukrudtsbiomassen set i forhold til normal tæthed med harvning. For konventionel dyrkning, viste analysen, at ophør med kemisk ukrudtsbekæmpelse - uanset udsædsmængde og rækkeafstand - medførte, at der overlevede langt mere ukrudt (en stigning fra 9 til 114 g/m²). En øget udsædsmængde og en reduceret rækkeafstand kunne derfor ikke overflødiggøre herbiciderne i den konventionelle dyrkning af vårhvede under de nuværende omstændigheder.

Summary

A series of experimental studies over recent years have demonstrated that cereal crops have more ability than previously thought to suppress weeds, and that this ability can be realized if the crops are sown (1) at much higher densities than current practice and (2) in a highly uniform spatial pattern, rather than rows. Development and deployment of high density/high uniformity sowing systems would allow farmers to reduce herbicide application by 50-100%, without yield loss. In addition to this reduction in herbicide application, there are many additional advantages for the environment, including reduced traffic on the field, reduced fuel consumption and CO₂ production, increased biodiversity and biomass production. Crop density and spatial uniformity is the only form of weed management that has only positive and no negative environmental impacts.

The goal of the current project has been (1) to develop more knowledge about the relationship between crop density, uniformity and weed suppression, (2) to investigate how this approach can be developed in the most effective way, and (3) to investigate the economic consequences of such a strategy for farmers under current and alternative price and support structures.

The report presents results from four areas investigated:

- I) Small-scale field experiments to investigate the degree of spatial uniformity necessary to obtain a satisfactory degree of weed suppression
- II) Spatial analyses of simulated crop sowing patterns, to investigate the degree of uniformity generated by different sowing strategies
- III) Large-scale field experiments, comparing organic and conventional production systems with respect to weed management, and increased density and uniformity as an alternative or supplement to current strategies.
- IV) Business economic analysis of the possibility of applying these methods, including a comparison of different strategies.

The results show that increased crop density always has a negative effect on reduced weed biomass and resultant yield loss. Increased uniformity also had a negative effect on reduced weed biomass, but not in all most cases. Under spring drought conditions, which occurred in two of the three years, the effect of spatial uniformity was smaller than under non-drought conditions or even non-existent - in one case there was no effect. This observation has contributed to our theoretical understanding of the mechanisms of crop-weed competition and the application of this knowledge to weed management. Increased crop density can be used to improve weed suppression. Increased crop spatial uniformity maximized the effect of density when abiotic stress (e.g. drought) does not limit total biomass production.

The spatial analyses of simulated sowing patterns investigated how decreased row distance and improved uniformity of placement within rows contribute to

increased 2-dimensional spatial uniformity. Reducing row distance increases spatial uniformity greatly. After the "optimal" row distance for a given density is reached, further improvements in uniformity can be achieved by improving the uniformity of spacing within the row. Narrow row spacing is already possible but development of an inexpensive, non-energy requiring method for improving the distribution of seeds within the row should be a focus of research and development in sowing technology.

Both the effects of density and uniformity appear to be continuous, rather than threshold, effects. This means that improvements in weed suppression can be achieved to the degree that the technology and costs permit.

The spatial analyses of simulated sowing patterns shows that a completely 2-dimensional random pattern ("broadcasting") represents a huge increase in uniformity compared with standard rows. Previous studies as well as the current project show that most of the beneficial effects of increased uniformity pattern are achieved in the random pattern. This opens up the possibility of broadcasting at high density, when the technology is available and costs are appropriate. It also suggests that a degree of uniformity equivalent to totally random, which can be achieved through narrow ("optimal") row spacing, combined with improved but not precision seed distribution within the row, is a reasonable, achievable goal for the engineering of sowing machines for increased weed suppression.

The production economic analysis indicates that a change in cropping systems/technology, seed density and sowing pattern may have a significant economic impact. In spring wheat it seems to be economic viable to reduce the row distance from the conventional 12,5 cm to 4 cm in both conventional and organic farming systems. In organic farming, it may additionally be economically viable to apply higher amounts of seed, which may exclude eliminate the need for mechanical weeding. In conventional farming, an exclusion elimination of weeding, regardless of the seed density and row distances, may result in an increased number of weeds that survive. Increased seed density and a reduced row distance will therefore reduce the need for herbicides in conventional spring wheat under current cropping practices.

The strategy investigated in this report can be further advanced though the development of "high density" varieties bred for such a system. High-density, high uniformity cropping with varieties developed for this purpose, combined with appropriate crop rotations, offer the possibility of eliminating herbicide use in cereals in Denmark.

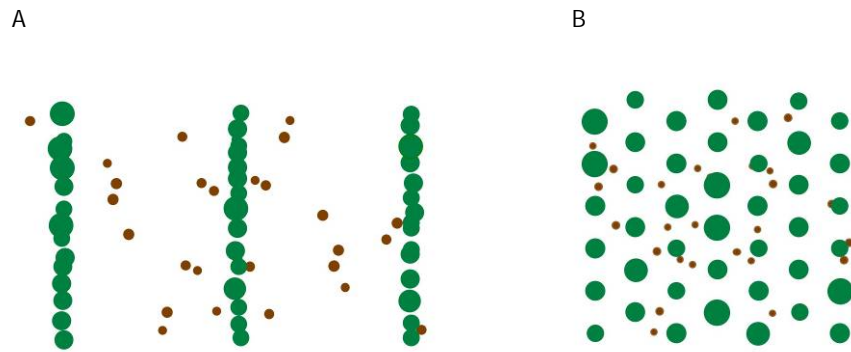
1 Baggrund

1.1 Teori

En øget forståelse af konkurrence mellem planter, bekræftet i en række nyere undersøgelser, peger på nye muligheder inden for ukrudtsbekæmpelse i kornafgrøder, der vil kunne medføre en kraftig reduktion i herbicid-anvendelsen. I stedet for at reducere konkurrencen mellem ukrudt og kornafgrøde ved at fjerne ukrudtet med herbicider eller mekanisk bekæmpelse kan vi styre konkurrencen mellem ukrudt og afgrøde, således at afgrøden undertrykker ukrudtet meget bedre end hidtil.

Ifølge den klassiske model af Fisher og Miles (1973), udnytter planter, der ikke konkurrerer med andre planter, ressourcer i to dimensioner i en ekspanderende cirkel, hvor centrum af cirklen er det sted, hvor planten er spiret frem. I et plantesamfund vil periferien af de ekspanderende cirkler for de enkelte planter på et eller andet tidspunkt mødes og konkurrencen starter. Den absolutte mængde af ressourcer, der er tilgængelig er teoretisk set den samme i forskellige afgrødemønstre ved den samme afgrødetæthed, hvorimod formen af det tilgængelige areal for den enkelte plante varierer fra afgrødemønstre til afgrødemønstre (sammenlign f.eks. figurerne 2.4A -2.4F).

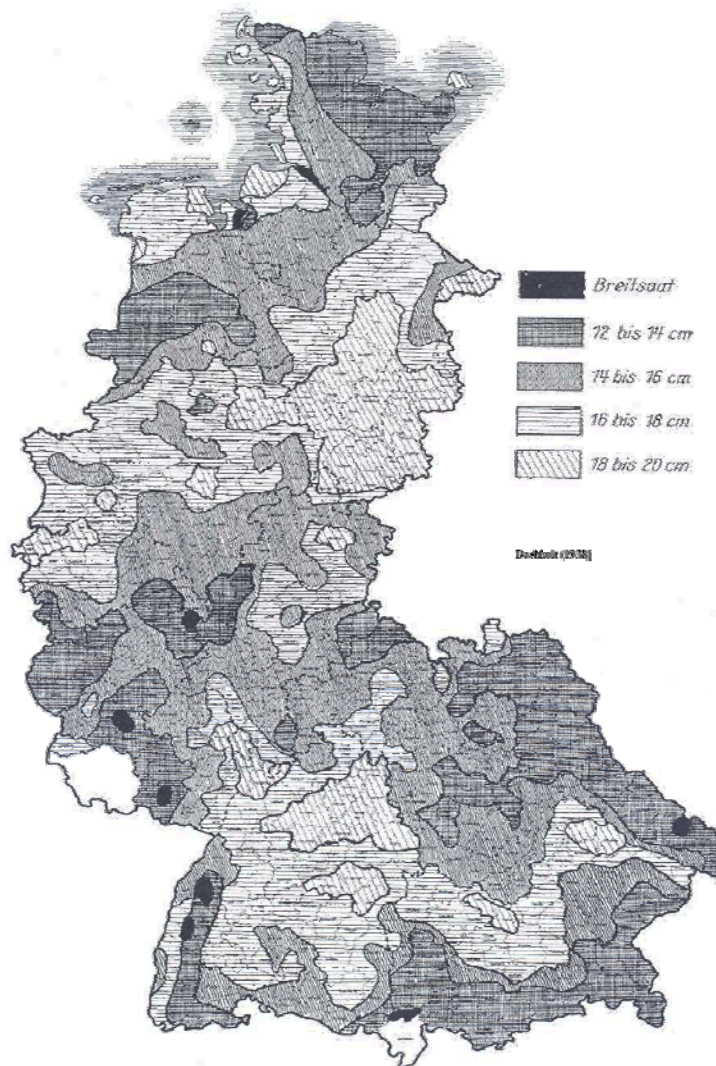
Større planter har ofte en meget stor fordel i konkurrencen med mindre planter, og er i kraft af denne størrelsesfordel i stand til at undertrykke væksten af deres mindre naboer, et fænomen, der kaldes "størrelses-asymmetrisk konkurrence" (Weiner 1990; Schwinning & Weiner 1998). Umiddelbart efter fremspiring er kornplanter større end nyligt fremspirt ukrudt. En forøgelse af den konkurrencemæssige "størrelses-asymmetri" i ukrudt-afgrøde plantesamfundet vil være til fordel for afgrøden på bekostning af ukrudtet. Afgrødens størrelsemæssige konkurrencefordel øges både når (1) afgrødens rumlige mønster bliver mere uniformt (figur 1.1) og (2) afgrødetætheden forøges (Weiner *et al.* 2001), hvilket betyder, at ukrudtet vil blive mere undertrykt ved høj end ved lav afgrødetæthed og ved høj uniformitet. Når afgrøden er dyrket i et rumligt uniformt mønster vil afgrødens andel af den totale (ukrudt + afgrøde) biomasse øges ved en stadig øget afgrødetæthed, hvilket resulterer i næsten total ukrudtsundertrykkelse ved meget høj afgrødetæthed. Da udbyttereduktion, forårsaget af indbyrdes konkurrence mellem kornplanter (intraspecifik konkurrence), først opstår ved meget høj afgrødetæthed (Olsen *et al.* 2005b), kan en forøgelse af afgrødetætheden spille en vigtig rolle som et led i en ukrudtsbekæmpelsesstrategi.



Figur 1.1. Række (A) og uniformt (regelmæssigt) (B) mønster. Grønne symboler repræsenterer afgrødeplanter og brune symboler repræsenterer ukrudtsplanter. Afgrøde- og ukrudtstæthed er den samme i begge afgrødemønstre.

Tidligere undersøgelser har vist et fald i ukrudtsbiomassen ved højere afgrødetætheder (Wax & Pendelton 1968; Mohler 1996; Murphy *et al.* 1996; Doll 1997; Håkansson 1997), men effekten var ikke altid stærk (Erviö 1972; Mohler 1996; Murphy *et al.* 1996; Håkansson 1997). Dette skyldes, at afgrødens evne til at undertrykke ukrudt ved høj afgrødetæthed er begrænset af afgrødens rumlige fordeling i marken. I forhold til den rumlige fordeling over arealet kan en normal kornafgrøde sået på 12,5 cm rækkeafstand opfattes som lange smalle "klumper", hvor tætheden er meget høj i den ene dimension (inden for rækken) og meget lav i den anden dimension (mellem rækkerne; Bleasdale, 1984). I de fleste forsøg, hvor effekten af afgrødetæthed er undersøgt, er afgrødetætheden kun ændret i en dimension, nemlig inden for rækken. Når ukrudt *ikke* er til stede, kan kornplanterne uhindret vokse mod områderne imellem rækkerne, hvor der er et højere ressourceniveau (Ballaré 1994; Hutchings & de Kroon 1994). Dette nedsætter konkurrencen mellem afgrødeplanterne og sikrer udnyttelse af alle ressourcer. Når ukrudt *er* til stede medfører en forøgelse af afgrødetætheden inden for rækken en langt højere indbyrdes konkurrence mellem afgrødeplanterne end det forøger afgrødens konkurrenceevne over for ukrudtet (interspecifik konkurrence). Ukrudtsarter med høj vækstrate er i stand til at indhente den størrelsesmæssige fordel afgrøden har lige efter fremspiring inden konkurrencen mellem planter starter (Mohler 2001), hvorved afgrødeplanterne mister deres størrelsesfordel.

Undersøgelse af de anvendte rækkeafstande i korn i Tyskland (Boekholt 1958) viste, at de anvendte rækkeafstande hang sammen med, hvor store problemer, der var med ukrudt det pågældende sted. I områder med store ukrudtsproblemer blev der anvendt lille rækkeafstand eller bredsåning, mens der i områder uden de store ukrudtsproblemer blev anvendt større rækkeafstand (figur 1.2)



Figur 1.2. Ukrudtsproblemers betydning for anvendt rækkeafstand i korn i Tyskland. Efter Boekholt (1958).

Da effekten på ukrudtsundertrykkelse som regel er blevet udført enten med ændret rækkeafstand eller med ændret afgrødetæthed og ikke begge dele på samme tid, repræsenterer nedsat rækkeafstand kun en lille andel af den potentielle forbedring af den rumlige uniformitet af afgrødeplanter i marken. En mere ensartet fordeling af afgrøden inden for rækken kan derfor vise sig at være af større betydning end hidtil antaget (Griepentrog 1995). Hvis afgrødeplanterne fordeles i et mere regelmæssigt mønster i to dimensioner, som det er illustreret i figur 1.1, vil afgrødens størrelsesmæssige fordel i begyndelsen af vækstsæsonen kunne udnyttes mere optimalt ved at starte konkurrencen med ukrudtsplanter tidligere, samtidig med at den intraspecifikke konkurrence mellem afgrødeplanter udsættes så lang tid som muligt (Fischer & Miles 1973).

1.2 Test af hypoteser

Vi har tidligere afprøvet effekten af afgrødetæthed og afgrødemønster på ukrudtsbiomasse i en række eksperimenter. Disse resultater var meget lovende. Ved et meget højt ukrudtstryk resulterede en kombination af øget

afgrødetæthed og et uniformt afgrødemønster i cirka 60 % lavere ukrudtsbiomasse og 60 % højere afgrødeudbytte sammenlignet med normal praksis (Weiner *et al.* 2001). I 2004 afsluttede vi et treårigt SJVF-projekt (Forskningsrådet), hvor vi undersøgte nogle af de basale økologiske mekanismer, der ligger bag fænomenet. Vi har undersøgt undertrykkelse af ukrudt, når hvede blev sået (1) i normal 12.5 cm rækkeafstand, (2) i et uniformt og (3) i et tilfældigt mønster (Olsen *et al.* 2005b). Vi har desuden undersøgt (a) variation i afgrødetæthed, (b) effekten på forskellige ukrudtsarter (Olsen *et al.* 2005a, b), (c) effekt af forskellige N-niveauer (Kristensen *et al.*, 2008), samt (d) metoder beregnet til at vurdere graden af afgrødens uniformitet (Kristensen *et al.* 2005). Resultaterne af disse undersøgelser bekræfter vores hypotese og tidligere resultater: En mere uniform fordeling af afgrøden i kombination med en forøgelse af afgrødetætheden resulterer i cirka 60 % reduktion i ukrudtsbiomasse og et højere udbytte. Selv ved en fordobling af normal afgrødetæthed sås ingen reduktion i udbyttet på grund af konkurrence blandt kornplanter (Olsen *et al.* 2005b). Vi konkluderer, at den effektive ukrudtsbekæmpelse vi finder i ovennævnte forsøg, skyldes en kombination af øget uniformitet og øget afgrødetæthed.

1.3 Fordele og ulemper

Resultaterne omtalt under afsnit 1.2 indikerer, at en strategi baseret på en øget rumlig fordeling af afgrøden og en øget afgrødetæthed, vil kunne reducere anvendelsen af herbicider væsentligt i konventionel korndyrkning uden at udbyttet reduceres, samtidig med at de negative miljømæssige konsekvenser som herbicidbehandling medfører nedsættes. Ovennævnte strategi vil kunne reducere antallet af sprøjtninger helt eller delvist. Metoden kan også tænkes anvendt i stedet for mekanisk ukrudtsbekæmpelse i økologisk jordbrug. Da denne metode udelukkende er baseret på en biologisk indsats i stedet for en kemisk eller mekanisk indsats af landmanden, har den øgede uniformitet og højere afgrødetæthed kun positive effekter på miljøet. Ud over en reduktion af herbicidforbruget og dermed en lavere belastning af vandmiljøet, kan andre miljømæssige forbedringer nævnes

- færre antal kørsler på marken medfører nedsat risiko for sammenpakning af jorden og erosion
- lavere brændstofforbrug og CO₂-udslip
- tidligere dækning af jorden reducerer erosion og andre negative effekter af bar jord
- øget biomasse i marken og deraf øget input af organisk materiale
- øget biodiversitet i marken og dermed ressourcer til mange invertebrater og fugle, fordi ukrudtet ikke er udryddet, men kun undertrykt
- forsinkelse af udvikling af herbicidresistens på grund af nedsat herbicidbehandling

Af agronomiske fordele ved det uniforme mønster kan nævnes en mere ensartet modning af afgrøden samtidig med en bedre udnyttelse af næringsstoffer, som medfører højere udbytte og kvalitet.

En ulempe ved den foreslåede strategi er højere omkostninger til såsæd. Til gengæld vil omkostninger forbundet med indkøb af herbicider og brændstof samt udbringning og eventuel strigling reduceres. Projektet har sat os i stand til at estimere disse omkostninger og vise, hvorledes de kan minimeres. Tidligere undersøgelser fra Fødevarerøkonomisk Institut om pesticidforbrug og sted-

specifik herbicidtildelelse i kornafgrøder giver os modelgrundlaget for at vurdere de driftsøkonomiske konsekvenser ved en ændret dyrkningsstrategi, hvor afgrødetæthed er højere og pesticidforbruget lavere (Ørum 2003, Pedersen 2003).

1.4 Formål

Formålet med dette projekt har været at præsentere og undersøge en ny mulig ukrudtsbekæmpelsesstrategi i kornafgrøder, baseret på høj afgrødetæthed og stor regelmæssighed i afgrødemønstret – en strategi, som kan anvendes af landmænd. For at kunne anbefale en strategi, har det været nødvendigt at få (1) en bedre forståelse af den grad af uniformitet, der skal til for at kunne opnå en effektiv undertrykkelse af ukrudt (2) en teoretisk og praktisk viden om, hvorledes en sådan uniformitet kan opnås i marken, og (3) en mere præcis information om økonomiske fordele og ulemper. Denne viden skulle kunne sætte os i stand til at udvikle en strategi, som kan præsenteres for rådgivere og landmænd.

1.5 Baggrund for projektets fire delområder

For at kunne opnå den videnskabelige og praktiske viden, som kan sætte os i stand til at udvikle en strategi, der kan anvendes af rådgivere og landmænd, er projektet opdelt i fire delområder: (I) Markforsøg i lille skala, (II) Rumlige analyser, (III) Markforsøg i stor skala og (IV) Driftsøkonomiske analyser.

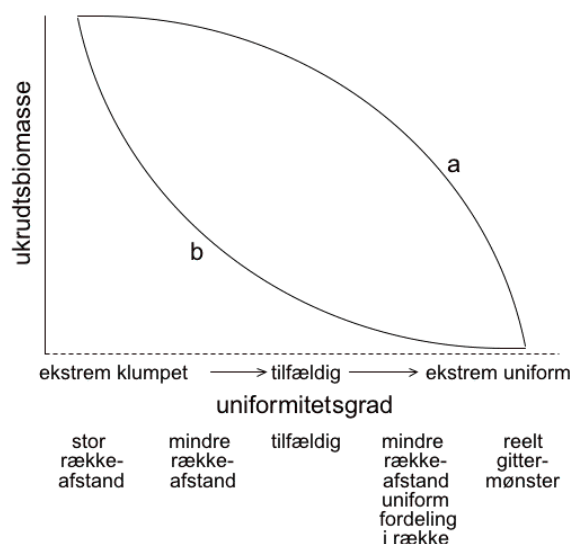
De overvejelser, vi har gjort os inden projektets start og de spørgsmål, som vi har ønsket at få besvaret, er nærmere beskrevet under afsnit 1.5.1 - 1.5.4.

1.5.1 Del I: Markforsøg i lille skala

Markforsøg udført i lille målestok vil blive udført for at bestemme den grad af uniformitet, der er nødvendig for at kunne undertrykke ukrudtet tilfredsstillende. At fastlægge en skadetærskel for ukrudt er vanskeligt, da de forskellige ukrudtsarter har forskellig konkurrenceevne over for afgrøden, og da ukrudtspopulationen i marken oftest består af en blanding af flere arter. I nogle afgrøder kan der accepteres mere ukrudt end i andre, og nogle ukrudtsarter er mere uønskede end andre. F.eks. er der forskel på arterne mht hvor stort et høstbesvær de forårsager, hvor vanskeligt det er at rense ukrudtsfrøene fra, og om de medfører et højere vandindhold i den høstede afgrøde. Grænsen for, hvor meget ukrudt den enkelte landmand kan acceptere, varierer også.

Vi ved at undertrykkelsen af ukrudt stiger ved øget grad af uniformitet, men vi kender endnu ikke sammenhængen mellem afgrødens uniformitet og ukrudtsundertrykkelse (figur 1.3). Med disse forsøg vil vi kunne bestemme og analysere den rumlige fordeling af afgrøde- og ukrudtsplanter samt kvantificere sammenhængen mellem ukrudtsbiomasse og afgrødens rumlige uniformitet, bestemt som Morisita's Index of Uniformity (Mead 1966; Ripley 1981; Diggle 2003, Kristensen *et al.* 2005). Hvis en høj grad af uniformitet, som kun kan opnås ved præcisionssåning, er nødvendig for at opnå en effektiv ukrudtsundertrykkelse (f.eks. kurve a i fig. 1.3), så vil omkostningerne til den nødvendige såteknologi blive relativt høj. Resultater fra indledende forsøg, hvor vi har sammenlignet tilfældigt, uniformt og rækkemønstre, tyder på, at den største forøgelse af ukrudtsundertrykkelsen ved forøgelse af

afgrødetætheden, sker når aggregering reduceres fra det ekstremt klumpede mønster i rækker til noget der ligner et tilfældigt mønster (kurve b i fig. 1.3; Kristensen *et al.* 2005). Hvis resultaterne fra de indledene forsøg (Kristensen *et al.* 2005) viser sig at holde i de forsøg, der bliver udført i lille skala, vil en effektiv ukrudtskontrol kunne opnås ved hjælp af reduceret rækkeafstand og en forbedret fordeling inden for rækken.



Figur 1.3. To mulige sammenhænge mellem ukrudtsbiomasse og graden af afgrødens rumlige fordeling. X-aksen er ordnet efter graden af uniformitet, men ikke kvantificeret. a: Høj grad af uniformitet i afgrødemønstret er nødvendig; B: Mindre grad af uniformitet i afgrødemønstret er tilstrækkelig (Olsen *et al.* 2005b).

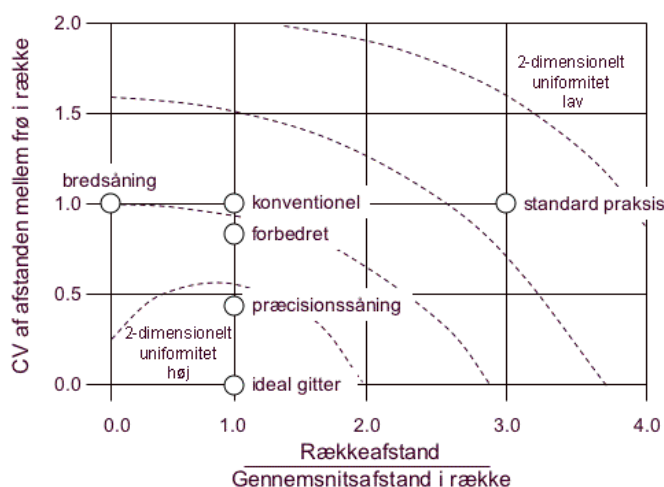
1.5.2 Del II: Rumlige analyser

Et centralt mål for teknologi i landbruget er at forbedre planters vækst ved at optimere udnyttelsen af ressourcer. Nuværende såmetoder for rækkesåede afgrøder såsom korn, majs og sukkerroer medfører en uens rumlig afgrødefordeling og kan begrænse afgrødens vækst, fordi (i) ressourcer som næringsstoffer og vand ikke er tilgængelige for alle kulturplanter på en optimal måde, (ii) intra-specifik konkurrence i afgrøden begynder meget tidligt i vækstsæsonen og (iii) evnen til at undertrykke ukrudt er begrænset af den rumlige afgrødestruktur. Graden af rumlig uniformitet bestemmes af rækkeafstanden og fordelingen af planter inden for rækken (afstandsensartethed). En forøgelse af afgrødetætheden påvirker mønstret, hvis rækkeafstanden ikke ændres, da den gennemsnitlige afstand mellem afgrødeplanterne inden for rækken bliver mindre og den intra-specifikke konkurrence starter tidligere (Weiner *et al.* 2010).

Rumlige analyser af forskellige afgrødemønstre vil blive udført for at bestemme graden af disse 2-dimensionelle rumlige uniformitet. Rumlige analyser (Ripley 1981; Diggle 2003) kan give os en basal viden om, hvilke muligheder der er for at opnå den nødvendige uniformitet ud fra de eksperimenter, der er beskrevet under afsnit 1.5.1. og 2.3.

Fordeling af frø inden for en række følger i bedste fald en Poisson-fordeling (tilfældig fordeling) når mønstret anskues i én dimension ($CV = 1$ i figur 1.4, hvor $CV = \text{standardafvigelse}/\text{den gennemsnitlige afstand mellem frø inden for rækken}$). Det 2-dimensionelle mønster af frø i rækker er meget klumpet. Hvis rækkeafstanden reduceres bliver det 2-dimensionelle mønster også mindre

klumpet (Griepentrog 1995). For at få en uniformitetsgrad som er lige så god eller bedre end et tilfældigt mønster, skal fordelingen af frø inden for rækken forbedres. Spørgsmålet er så: Hvor uniformt inden for rækken skal frøene være fordelt for at opnå samme 2-dimensionelle uniformitet som et tilfældigt mønster? Dette kan vi finde svar på ved hjælp af simuleringermodeller.



Figur 1.4. Sammenhæng mellem graden af ligelig fordeling af frø inden for rækken (CV af afstanden mellem frø) og forholdet mellem rækkeafstand og den gennemsnitlige afstand mellem frøene ved forskellige såmønstre. Bredsåning er et todimensionelt tilfældigt mønster. Standard praksis er 12.5 cm rækkeafstand, en tilfældig (Poisson-fordeling) inden for rækken ved 300 frø m⁻². De andre punkter repræsenterer forskellige typer såskær ved den ideelle "gitter" rækkeafstand: Konventionelle såskær, forbedret uniformitet ved hjælp af "kaskade" såskær og præcisionssåning. De stiplede linier angiver hypotetiske isolinier for kombinationer med den samme 2-dimensionelle uniformitet. Ved hjælp af computersimulering vil vi kunne bestemme den præcise beliggenhed af disse isolinier efter Morisita's Index (Kristensen *et al.* 2005). Dette vil give os flere muligheder for at opnå den ønskede grad af rumlig uniformitet.

Resultaterne dels fra markforsøg udført i lille skala dels fra simulering kan give os svar på, om den uniforme fordeling + høj afgrødetæthed kan implementeres ved hjælp af allerede tilgængeligt udstyr.

Når vi kender den nødvendige grad af uniformitet og tæthed for effektivt at kunne undertrykke ukrudtet, vil specifikationer for allerede tilgængelige såmaskiner kunne fortælle os, om det kan lade sig gøre.

Hvis det viser sig, at det er nødvendigt at udvikle nyt udstyr, vil vores resultater kunne udnyttes af producenter af landbrugsmaskiner med de specifikationer, som vi vil beskrive.

Vi ønsker at finde den præcise beliggenhed af de hypotetiske isolinier i figur 1.4, isolinier, der angiver kombinationer af afgrødemønstre med den samme 2-dimensionelle uniformitet. Ved hjælp af computersimulering vil vi kunne bestemme den præcise beliggenhed af disse isolinier efter Morisita's Index (Kristensen *et al.* 2005). Dette vil give os flere muligheder for at opnå den grad af rumlig uniformitet, som vi ønsker os (Griepentrog *et al.* 2009).

1.5.3 Del III: Markforsøg i stor skala

Markforsøg, der sammenligner den foreslåede strategi med de på nuværende tidspunkt anvendte metoder inden for ukrudtsbekæmpelse, er vigtige, hvis denne strategi skal implementeres inden for de næste 5 år. Formålet i denne del af projektet er at efterligne den praksis, som landmænd anvender i dag, både i konventionel og i økologisk dyrkning og sammenligne med, hvad

landmænd ville gøre i det højtætheds-uniforme dyrkningssystem, som vi ønsker at udvikle. Der vil blive foretaget en sammenligning af

- Konventionel dyrkningsmetode – standard herbicidbehandling
- Økologisk dyrkningsmetode – mekanisk ukrudtsbekæmpelse
- Høj afgrødetæthed og uniformitet med og uden herbicidbehandling/mechanisk ukrudtsbekæmpelse

Da det endnu ikke er teknisk muligt at så en hel mark i et uniformt mønster, uden at en betydelig del af arealet vil komme til at bestå af dækspor, vil vi anvende lange smalle parceller frembragt af en enkelt traktorkørsel (1,3 m x 8 m). Ved at høste en 1 m bred stribe kan man undgå kanteffekter, og man opnår en god måling af udbyttet ha¹.

1.5.4 Del IV: Driftsøkonomiske analyser

De driftsøkonomiske analyser vil omfatte en sammenlignende analyse af de forskellige dyrkningsstrategier. Analysen bygger på "cost effectiveness" princippet, hvor målet er at bestemme, hvad det koster at reducere pesticidforbruget med de nye teknologier i forhold til konventionelle dyrkningsmetoder. I projektet analyseres omkostningsstrukturen og de potentielle gevinster ved indførelse af ovennævnte strategier, herunder de afledte ændringer i omkostningerne ved ændret herbicidforbrug, udsædsmængde, ændringer i udbytte og afgrødekvalitet samt investeringer i nye typer af maskiner.

De øvrige delområder af projektet skal bidrage med data til den driftsøkonomiske analyse med hensyn til forsøgsudbytter, udsædsmængder og ukrudtstryk. Samtidig vil der mellem de enkelte dele blive udvekslet oplysninger vedrørende tekniske specifikationer (f.eks. forventet tidsforbrug ved anvendelse af nye systemer samt dimensioner på udstyr og forventede omkostninger i forhold til produktionsomfang).

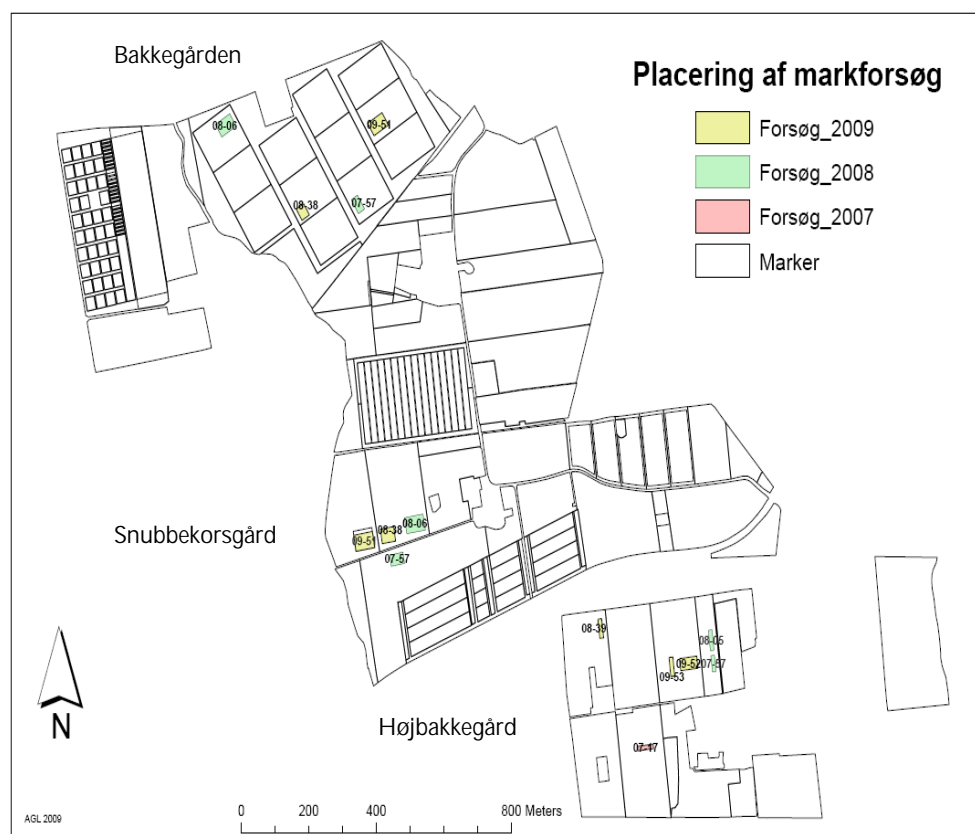
Der benyttes en partial budget model (differensanalyse) for omkostningsstrukturen som angivet i Pedersen (2003) til bestemmelse af omkostninger ved sted-specific tildeling af inputfaktorer i kornafgrøder.

2 Materialer og metode

2.1 Forsøgsareal

Forsøgene blev anlagt på Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitets forsøgsgård, Højbakkegård i Tåstrup (55°40' N, 12°18' E). Jorden er en sandblandet lerjord (grovsand 23.7 %, finsand 26.2 %, silt 31.8 %, ler 16 %, organisk stof 2.3 %) med pH 7.1. Den gennemsnitlige årlige nedbørsmængde er på 613 mm.

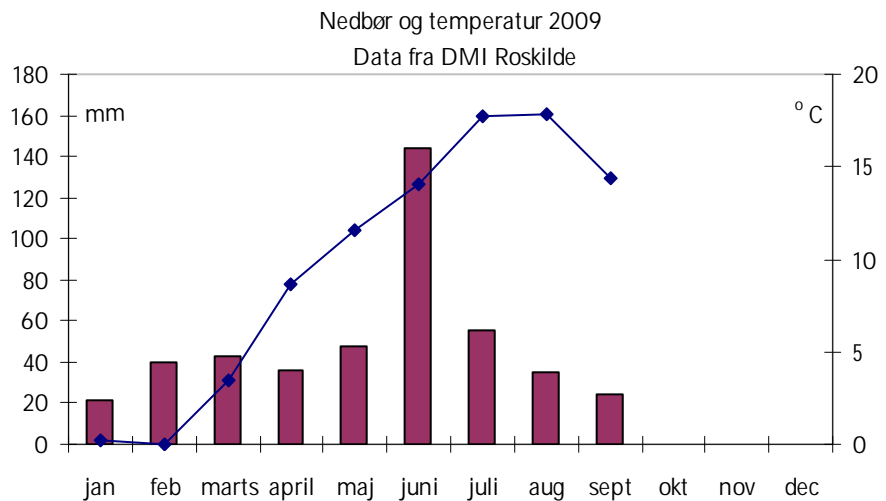
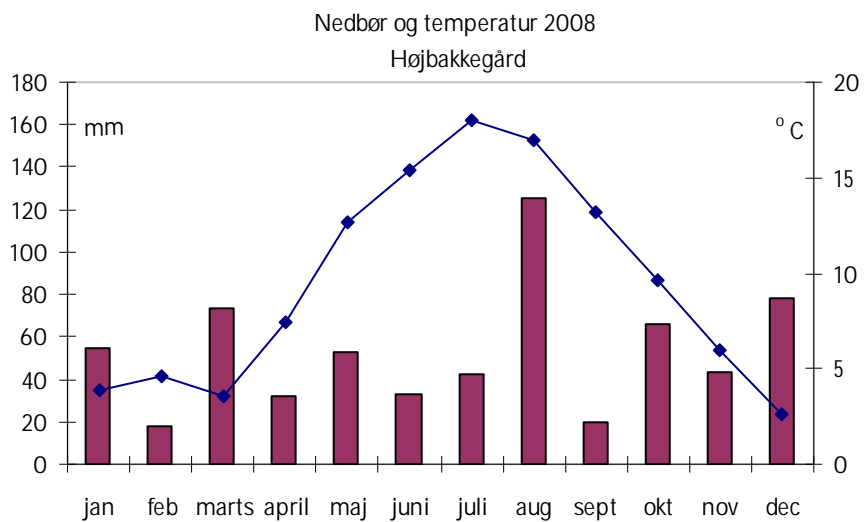
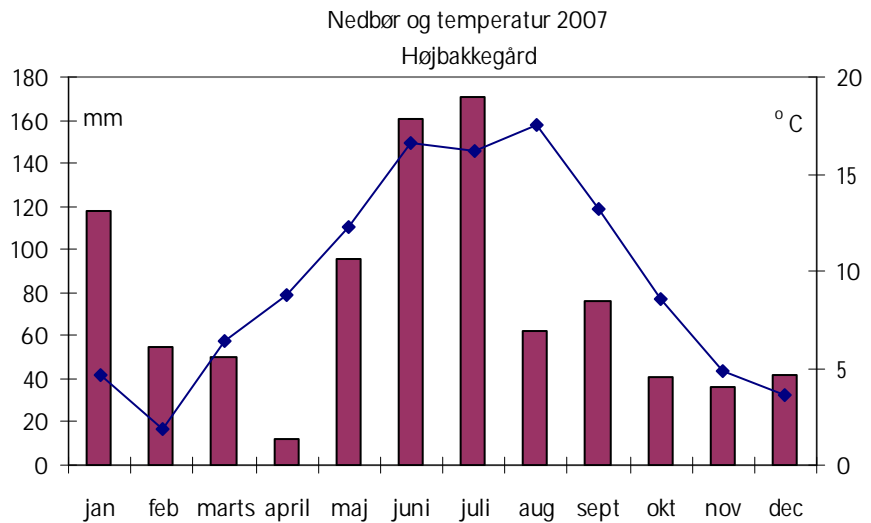
Forsøgene i lille skala blev udført på Højbakkegård. Forsøgene i stor skala blev udført på henholdsvis Snubbekorsgård (konventionel lokalitet) og Bakkegården (økologisk lokalitet). Figur 2.1 viser placeringen af forsøgene de 3 år.



Figur 2.1. Placering af markforsøg i 2007, 2008 og 2009 på henholdsvis Højbakkegård (forsøgene mod syd-øst), Snubbekorsgård (midterste forsøg) og Bakkegården (forsøgene mod nord-vest).

2.2 Vejrforhold

Figur 2.2 viser de aktuelle vejrforhold for Højbakkegård i 2007 og 2008. Der findes ingen data for Højbakkegård for 2009. Data for 2009 til og med september måned er fra DMI's hjemmeside, lokalitet Roskilde. (http://www.dmi.dk/dmi/index/danmark/maanedens_vejr_-_oversigt.htm).



Figur 2.2. Vejrforhold for 2007-2009. Data fra 2007 og 2008 er fra Højbakkegård. Data fra 2009 er fra DMI, lokalitet Roskilde. Søjler er nedbør og kurve er temperatur.

I 2007 var specielt april tørrere og varmere end normalt, hvorimod det i maj, juni og juli var mere vådt og lidt varmere end normalt.
I 2008 var nedbørsmængden i april og maj som normalen, men nedbøren i maj faldt i starten og i slutningen af måneden. Temperaturen i maj var højere

end normalt. Dette kombineret med et rekordstort antal solskinstimer resulterer i at, at måneden som sådan blev ret tør. Juni og juli lå også temperaturmæssigt over normalen og nedbørsmængden under det normale, hvorimod august var mere våd end normalt og temperaturen lå lidt over normalen.

I 2009 var nedbørsmængden i april under normalen for landet som helhed. For Roskilde lå nedbørsmængden dog på normalen for april og maj, mens temperaturen var over normalen. Juni lå over normalen for nedbør. Den 11. og 12. juni faldt der i store dele af Sjælland mere end 2 måneders normalnedbør. Antallet af solskinstimer for april, maj og juni for landet som helhed lå et pænt stykke over normalen, specielt april med 272 timer mod 162 timer normalt.

2.3 Hvedesorter

Der blev anvendt følgende hvedesorter til forsøgene:

Vinterhvede: Der blev anvendt økologisk og konventionel Ellvis i 2007 med et konkurrence Index på 0,92 (2005) og en strållængde på 83 cm (2005) samt økologisk og konventionel Frument i 2008 med et konkurrence Index på 0,93 (2005) og strållængde på 80 cm (2009). Et konkurrenceindex < 1 betyder, at den pågældende sort er bedre til at undertrykke ukrudt end gennemsnittet (Rasmussen og Hansen 2005).

Vårhvede: I alle vårhvedeforsøg blev der anvendt økologisk og konventionel Amaretto med en strållængde på 86 og 84 cm (2006 og 2009). Ingen data for konkurrence Index. Data stammer fra www.sortsinfo.dk.

2.4 Del I: Markforsøg i lille skala

Forsøgene er blevet udført i vår- og vinterhvede i 2007 og 2008 samt i vårhvede i 2009. Parcelstørrelsen var 1 x 1 m. Der er anvendt afgrødemønstre, som repræsenterer forskellige grader af uniformitet (figur 2.3 og 2.4a- 2.4f). Afgrødemønstrene er nærmere beskrevet under afsnit 2.4.1. Der blev anvendt 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m^{-2}). 350 - 450 planter m^{-2} (afhængig af såtidspunkt) svarer til normal praksis ved dyrkning af vinterhvede. 729 planter m^{-2} er baseret på tidligere forsøg og har vist sig at være en tæthed, der undertrykker ukrudt effektivt, uden at udbyttet bliver reduceret p.g.a. intraspecifik konkurrence (Olsen *et al.* 2005a). 441 planter m^{-2} er en mellem-tæthed, som kan hjælpe os til at estimere en optimal tæthed med hensyn til både ukrudtbekæmpelse og økonomiske omkostninger. Mønstrene i forsøget er computergenererede mønstre og skal simulere såning med såmaskine, men med en langt højere nøjagtighed. For hvert enkelt mønster og tæthed blev de enkelte planters placering markeret på krydsfinerplader, hvorefter, der blev boret huller i skabelonerne. Hveden blev derefter sået efter skabelonerne. For at afspejle virkeligheden i marken bedst muligt, blev der sået en blanding af almindeligt forekommende ukrudtsarter i høj tæthed i et tilfældigt mønster. Der blev anvendt 500 frø af hver af følgende ukrudtsarter i vårhvedeforsøgene: Hvidmelet Gåsefod, Alm. Fuglegræs, Lugtløs Kamille, Fersken Pileurt og Storkronet Ærenpris og 500 frø af hver af følgende ukrudtsarter i vinterhvedeforsøgene: Alm. Fuglegræs, Lugtløs Kamille, Korn Valmue og Rød Tvetand. Alle forsøgene blev anlagt som randomiserede blokforsøg med 3 gentagelser. På det tidspunkt, hvor ukrudtsbiomassen er blevet bedømt til at være på sit maksimale niveau, blev alt ukrudt og afgrøde i en 0.25 m^2 underplot centralt placeret i hver parcel høstet ved jordoverfladen

og separeret i en pose med ukrudt og en pose med afgrøde. Efter tørring i 24 timer ved 80 °C blev biomassen af ukrudt og afgrøde bestemt efter vejning. Detaljerne for de enkelte forsøg er nærmere beskrevet i afsnit 2.4.2 – 2.4.6.

2.4.1 Afgrødemønstre

De anvendte afgrødemønstre er computergenererede mønstre med en stigende grad af uniformitet i tre afgrødetætheder. For mønster 1- 4 samt mønster 6 blev den rumlige uniformitetsgrad beregnet ved hjælp af Morisita's Index (I_δ), der siger noget om, hvor uniformt (regelmæssigt) mønstret er.

$$I_\delta = Q \frac{\sum_{i=1}^Q n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)},$$

hvor N er det totale antal planter i prøvefladen, n_i er antallet af planter i det i 'te kvadrat og Q er antallet af kvadrater i prøvefladen.

For et tilfældigt mønster vil I_δ ligge omkring 1, for et regelmæssigt mønster vil $I_\delta < 1$, og for et rækkemønster vil $I_\delta > 1$.

I tabel 2.1 er de 6 mønstre beskrevet. (I bilag B er vist de anvendte script-filer til beregning af Morisita's Index).

Tabel 2.1. Oversigt over afgrødemønstre. Forklaring på afgrødemønstre: Uniform: Afstand mellem planter inden for rækken = afstand mellem rækker; Række: 12,5 cm rækkeafstand, tilfældig placering af planter inden for rækken; Tilfældig: Planter er tilfældigt fordelt; Uniform-række: Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling af planter inden for rækken; Uniform- I_δ =tilfældig: Uniform rækkeafstand, Morisita Index ~ tilfældigt mønster; Halvrække: 6,25 cm rækkeafstand.

Afgrødetæthed (planter m ⁻²)	Mønster	Mønster Nr.	Rækkeafstand (cm)	Gennemsnitlig afstand mellem planter inden for rækken (cm)	Morisita's Index (I_δ) 5 x 5 cm kvadrater
196	Uniform	1	7,1	7,1	0
441	Uniform	1	4,76	4,76	0,1777
729	Uniform	1	3,7	3,7	0,6919
196	Række	2	12,5	3,7	2,3862
440	Række	2	12,5	1,81	2,4311
728	Række	2	12,5	1,1	2,5288
196	Tilfældigt	3	-	-	0,9419
441	Tilfældigt	3	-	-	1,0060
729	Tilfældigt	3	-	-	0,9451
196	Uniform-række	4	7,1	7,1	1,2140
441	Uniform-række	4	4,76	4,76	1,1255
729	Uniform-række	4	3,7	3,7	1,0612
196	Uniform- I_δ =tilfældig	5	7,1	7,1	0,9419
441	Uniform- I_δ =tilfældig	5	4,76	4,76	1,0060
729	Uniform- I_δ =tilfældig	5	3,7	3,7	0,9451
196	Halvrække	6	6,25	8,33	1,1562
441	Halvrække	6	6,25	3,64	1,2342
729	Halvrække	6	6,25	2,2	1,2274

Morisita's Index blev beregnet for flere kvadratstørrelser, da I_5 afhænger af den valgte kvadratstørrelse. Det 5. mønster (uniform- I_5 =tilfældig) blev genereret på baggrund af det uniforme mønsters rækkeafstand og det tilfældige mønsters Morisita Index. Det 6. mønster erstattede i vår- og vinterhvede 2008 samt i vårhvede 2009 mønster 5, da resultaterne fra vårhvedeforsøget 2007 ikke viste nogen forskel i ukrudtsbiomasse eller afgrødebio masse for mønster 4 og 5. På baggrund af resultaterne, blev der taget udgangspunkt i en kvadratstørrelse på 5 x 5 cm (se også Kristensen *et al.* 2005).

De enkelte mønstre blev fremstillet på skabeloner. I figur 2.3 er vist et eksempel på tre af de anvendte skabeloner: Et uniformt mønster, et normalt rækkemønster og et tilfældigt mønster. Figur 2.4A-2.4F viser de enkelte afgrødemønstre. En forklaring af mønstrene kan ses i tabel 2.1.



A: Uniformt mønster, 196 planter m⁻²

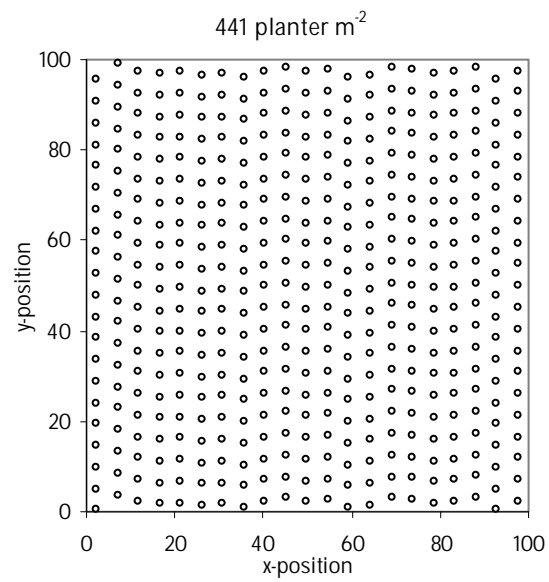
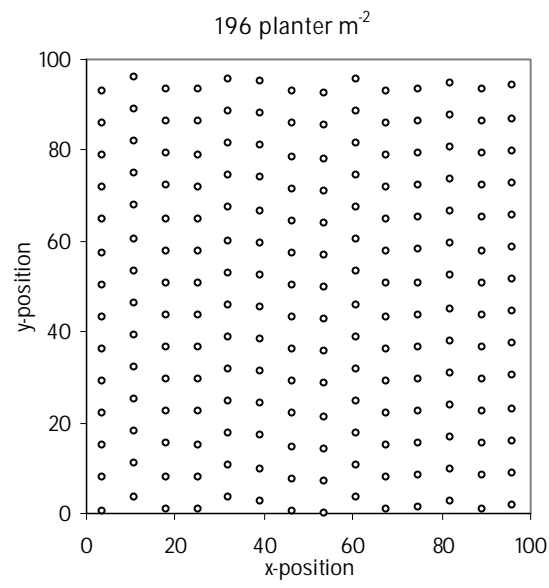


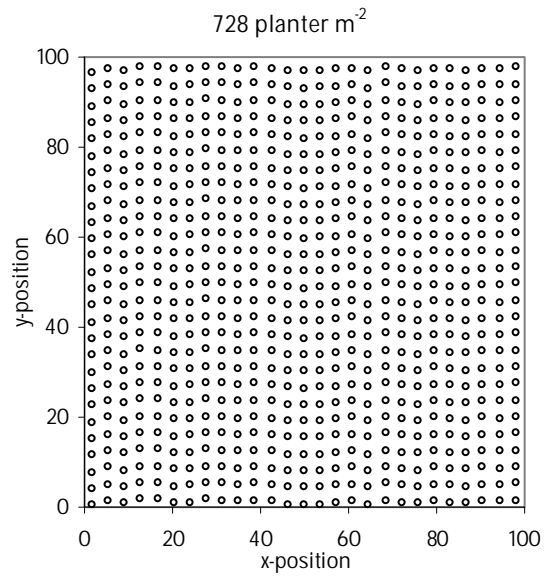
B: 12,5 cm rækkemønster, 440 planter m⁻²



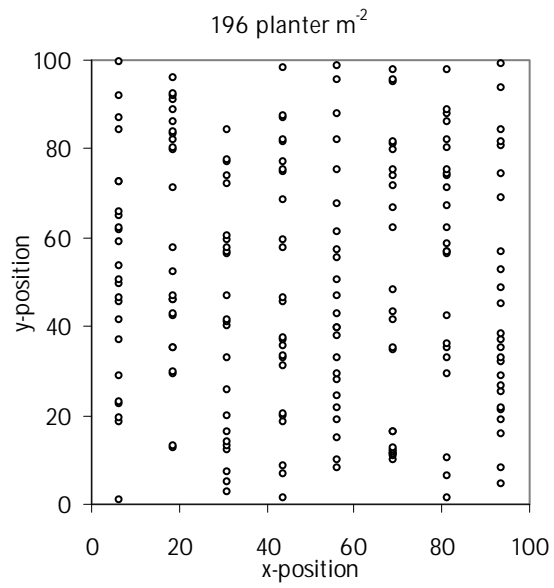
C: Tilfældigt mønster, 729 planter m⁻²

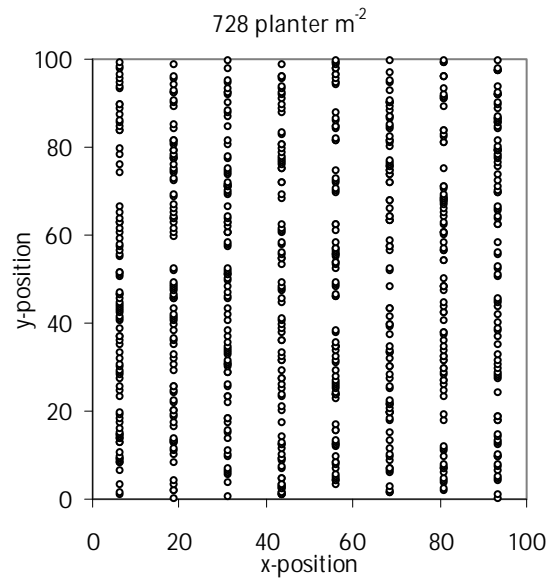
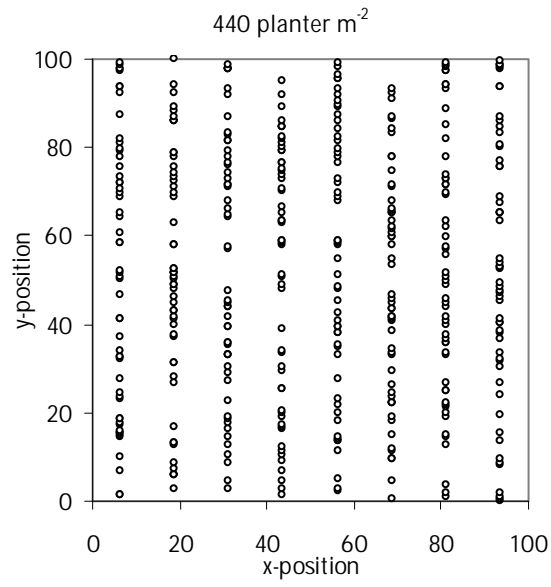
Figur 2.3. Eksempel på tre afgrødemønstre, 1 x 1m. A: Uniformt mønster, 196 planter m^{-2} ; B: 12,5 cm rækkeafstand, 440 planter m^{-2} ; C: Tilfældigt mønster, 729 planter m^{-2} .



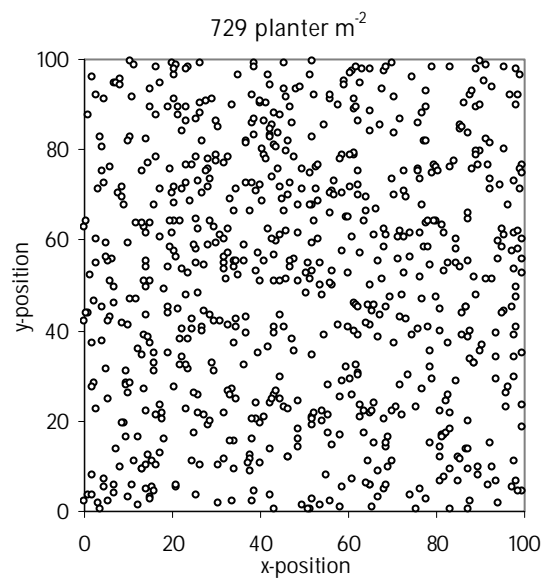
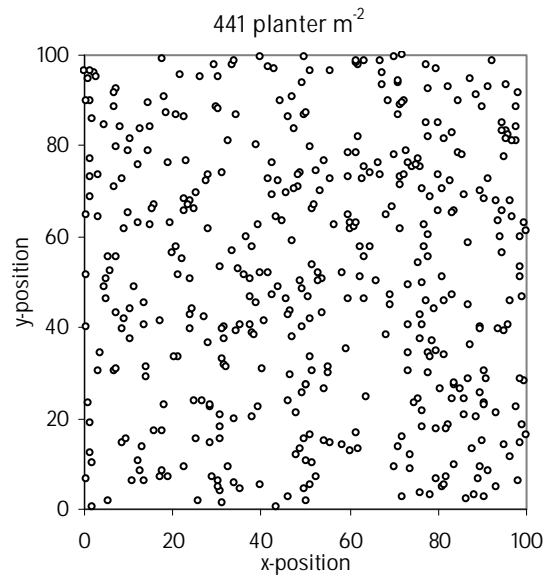
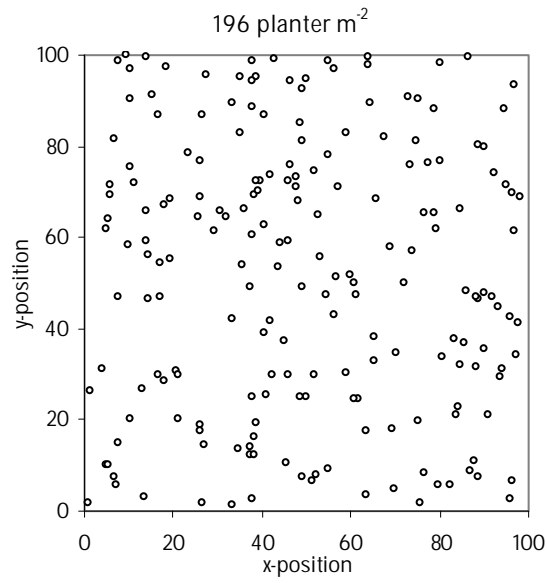


Figur 2.4a. Uniformt mønster ved henholdsvis 196, 441 og 728 planter m⁻².

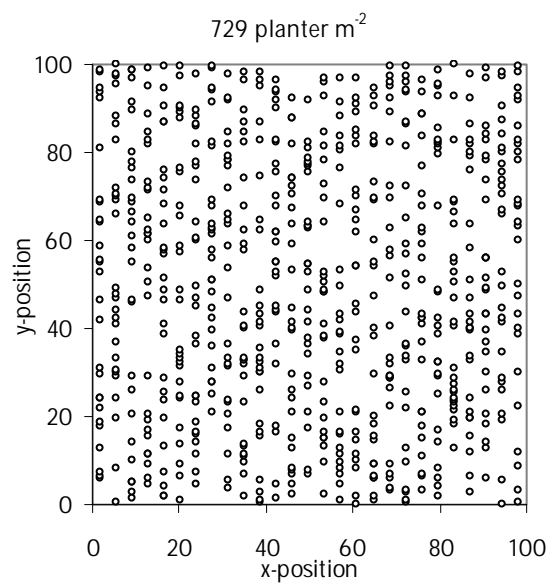
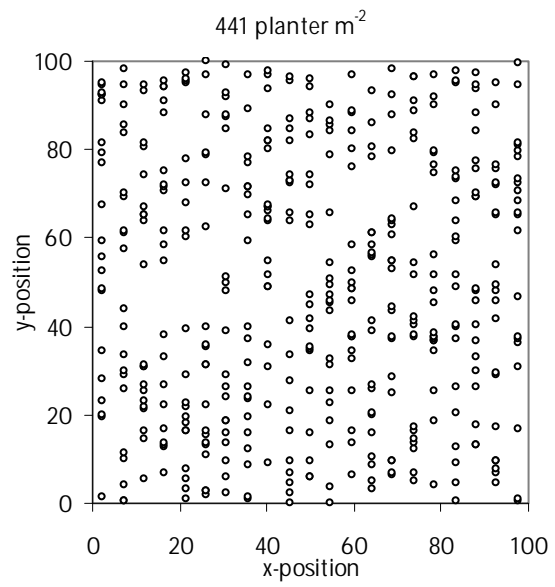
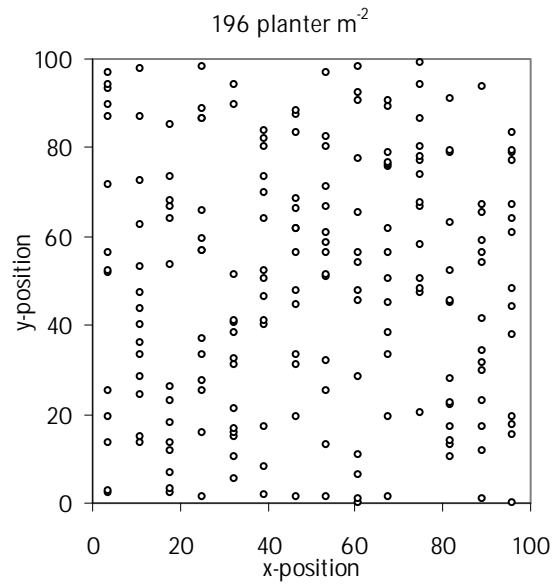




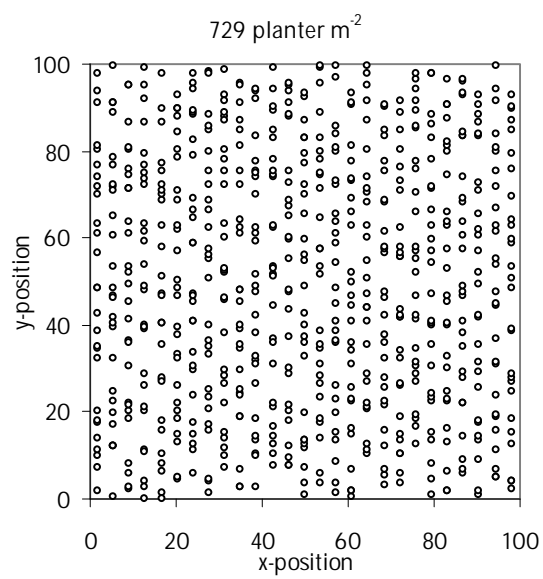
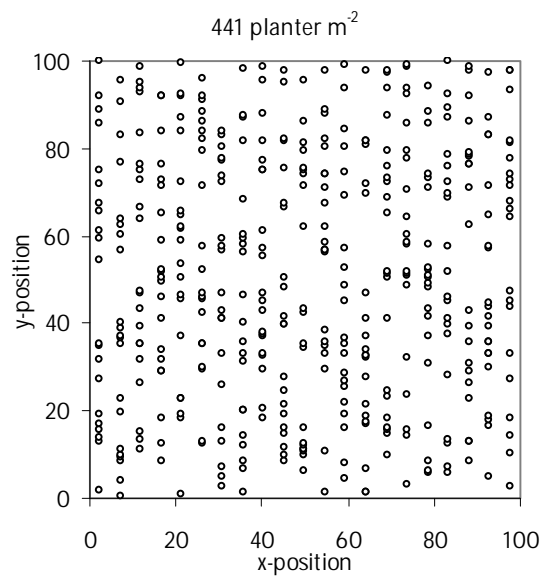
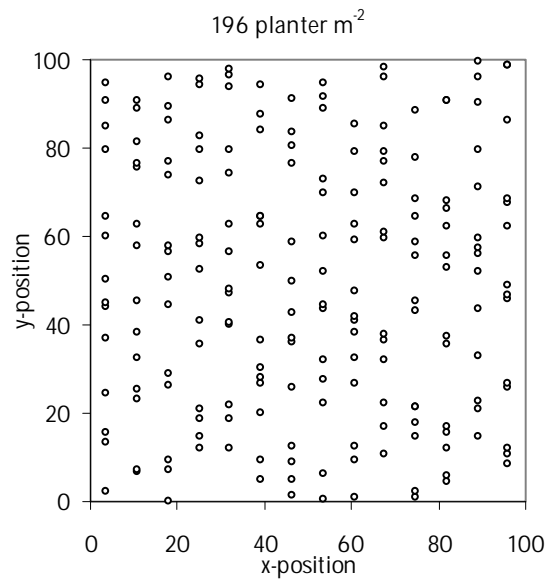
Figur 2.4b. 12,5 cm rækkeafstand ved henholdsvis 196, 440 og 728 planter m^{-2} .



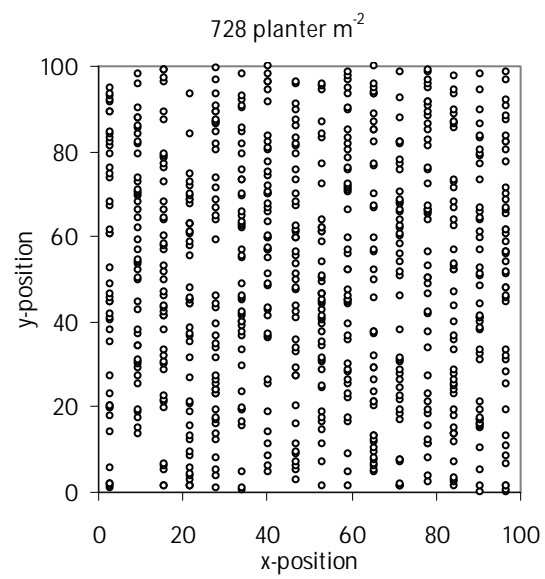
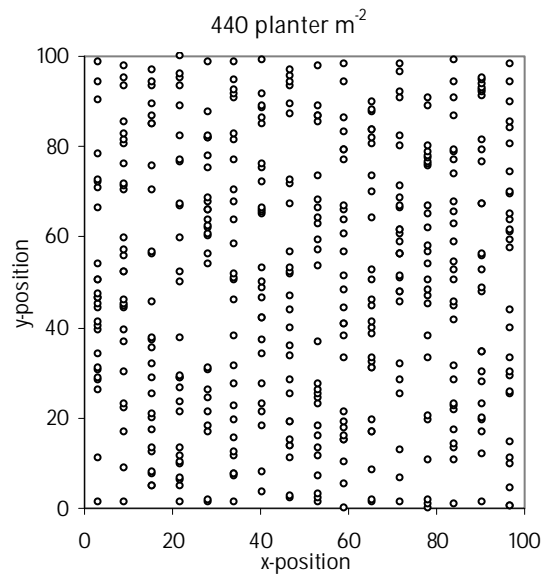
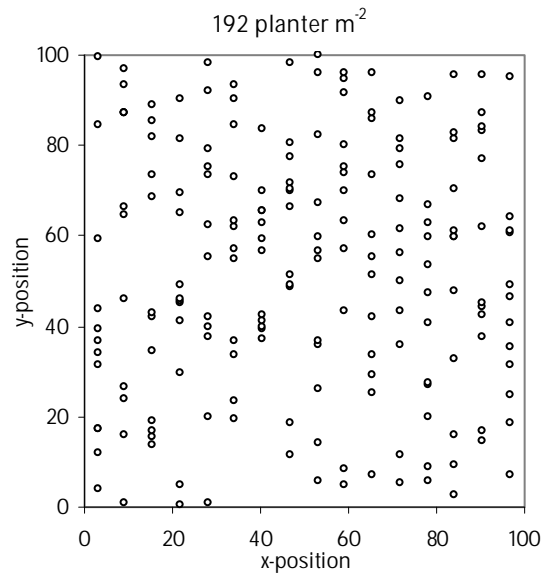
Figur 2.4c. Tilfældigt mønster ved henholdsvis 196, 441 og 729 planter m^{-2} .



Figur 2.4d. Uniform-række ved henholdsvis 196, 441 og 729 planter m^{-2} .



Figur 2.4e. Uniform- δ -til fældig ved henholdsvis 196, 441 og 729 planter m^{-2} .



Figur 2.4f. 6,25 cm rækkeafstand ved henholdsvis 192, 440 og 728 planter m².

2.4.2 Vårhvede 2007

- 5 rumlige mønstre (mønster 1, 2, 3, 4 og 5)
- 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²)
- 3 gentagelser

Forsøget blev anlagt den 17.-18. april. Forsøgsarealet blev forud for såning harvet to gange og umiddelbart før såning rotorharvet to gange. Såbedet var både lidt småknoldet og fint pulveriseret på én gang samt lidt tørt i overfladen. Generelt var såbedet lidt dårligere, end hvad der er normalt for forsøgsarealet. Dette kan skyldes den varme vinter, der har medført, at jorden ikke er blevet frostsprængt på samme måde som normalt, og som muligvis har resulteret i lidt større knolde. Vårhvede (Amaretto) blev sået efter skabeloner (figur 2.3 og 2.4). De 15 behandlinger blev randomiseret inden for hver af de tre gentagelser. Efter såning af hvede (figur 2.5), blev der sået en blanding af 500 frø af hver af følgende ukrudtsarter: Hvidmelet Gåsefod, Alm. Fuglegræs, Lugtløs Kamille, Fersken Pileurt og Storkronet Ærenpris. Disse frø var blandet op med malet korn og sået med Nordsten såmaskine i tilfældigt mønster. Efterfølgende blev forsøget tromlet. Forsøget blev gødsket med NPK 32-3-10 ~ 80 kg N. 27. april blev forsøget vandet ~ 10 mm. På grund af problemer med harer i forsøget, blev der opsat elektrisk hegn rundt om forsøget ligeledes den 27. april. Fremspiring blev registreret 11. maj og hver parcel blev løbende fotograferet (50 x 50 cm) 90 cm over jordoverfladen. Billeder taget den 9. maj er blevet anvendt til digitalisering af plantepositioner (se figur 2.6) for beregning af Morisita's Index. Den 25. - 26. juni blev der høstet biomasse af henholdsvis ukrudt og afgrøde, der efter tørring i 24 timer ved 80 °C blev vejlet. Der blev ikke registreret antal hvedeaks i dette forsøg.



Figur 2.5. Såning af hvede (1 m²) efter skabeloner forår 2007.

2.4.3 Vinterhvede 2007

- 4 rumlige mønstre (mønster 1, 2, 3 og 4)
- 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²)
- 3 gentagelser

Forsøget er en gentagelse af forsøget fra foråret 2007 med undtagelse af, at afgrødemønstret med uniform rækkeafstand og et Morisita Index ~ tilfældigt mønster blev taget ud på grund af for lille forskel på dette mønster og afgrødemønstret med uniform rækkeafstand og tilfældig fordeling af planter inden for rækken (jvf. tabel 2.1).

På grund af regnvejr trak det ud med at komme i gang med såning af forsøget. Jorden var nok stadig lidt for våd, på trods af, at det havde været tørvejr i weekenden inden. Forsøgsarealet var forud for såning blevet pløjet og harvet og umiddelbart før såning rotorharvet. Vinterhvede (Ellvis) blev sået efter skabelonerne den 24. september. Efter såning af hvede, blev der i hver parcel i tilfældigt mønster drysset en blanding af 500 frø ud af hver af følgende ukrudtsarter ud: Alm. Fuglegræs, Lugtløs Kamille, Korn Valmue og Rød Tvetand, hvorefter der blev sat el-hegn og fugleskræmsel op. Der blev registreret fremspiring af hvede og ukrudt den 22. oktober og igen den 21. november i en enkelt blok, da fremspiring af hvede var meget lav. Der blev taget foto's til digitalisering af plantepositioner den 18. + 22. + 25. oktober 2007. Forsøget blev gødsket med NPK 21-3-10 ~ 105 kg N den 8. maj 2008. Der blev høstet biomasse den 16. juni 2008. Der blev ikke registreret antal hvedeaks i dette forsøg.

2.4.4 Vårhvede 2008

- 5 rumlige mønstre (mønster 1, 2, 3, 4 og 6)
- 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²)
- 3 gentagelser

Forsøgsplan og metode for forår 2008 var magen til forsøgsplanen fra foråret 2007 med den undtagelse, at afgrødemønster 5 blev skiftet ud med afgrødemønster 6 på grund af for lille forskel på mønstrene 4 og 5 (jvf. tabel 2.1).

Forsøget blev anlagt 16.-17. april. Forsøgsarealet var forud for såning blevet gødsket med NPK 21-3-10 ~ 96 kg N den 15. april, rotorharvet to gange og revet fri for sten og knolde. Der blev anvendt samme vårhvede (Amaretto) og samme ukrudtsblanding og antal som i foråret 2007. Ukrudtsblandingen blev drysset ud i tilfældigt mønster på samme måde som i efteråret 2007. Efter såning blev der sat el-hegn og fugleskræmsel op. Registrering af antal fremspirede hvedeplanter blev foretaget 7. + 8. maj, registrering af antal fremspirede ukrudtsplanter er foretaget 14. + 15. maj, og foto's til digitalisering af plantepositioner blev taget den 7. maj. På grund af et meget tørt forår blev hver parcel vandet med ~ 10 mm vand henholdsvis den 13. maj, den 3. juni og den 9. juni. Der blev foretaget biomassehøst den 24. juni. Antal hvedeaks fra de høstede parceller blev optalt den 1. juli.

2.4.5 Vinterhvede 2008

- 5 rumlige mønstre (mønster 1, 2, 3, 4 og 6)
- 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²)
- 3 gentagelser

Her blev anvendt samme afgrødemønstre som i vårhvedeforsøget 2008 og samme ukrudtsblanding som i vinterhvedeforsøget 2007. Vinterhvedesorten blev udskiftet til Frument, da det ikke var muligt at få vinterhvedesorten Ellvis både som økologisk og konventionel såsæd længere. Der blev anvendt den økologiske såsæd til forsøget. Forsøgsarealet blev pløjet, rotorharvet og revet fri for sten og knolde den 23. september og efterfølgende sået den 23. + 24. september. Såbedet var meget fint. Efter såning blev der sat el-hegn og fugleskræmsel op. Der blev taget foto's til digitalisering af plantepositioner den 13., 21. og 27. oktober. Det er fortrinsvis foto's, der blev taget den 13. oktober, der ligger til grund for positionsbestemmelse af enkeltplanter samt beregning af Morisita's Index. Registrering af antal fremspirede hvedeplanter

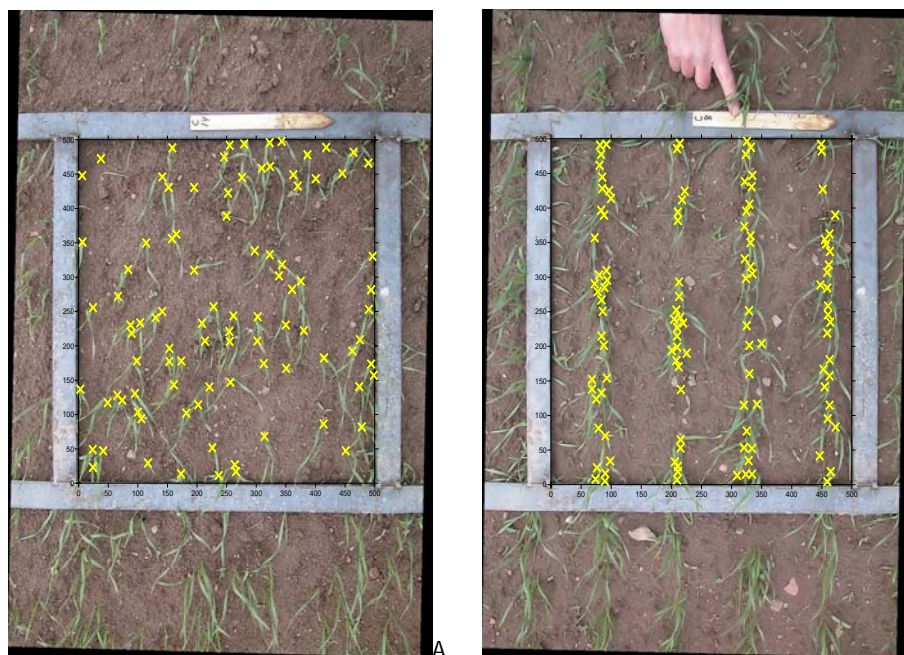
blev foretaget den 20. oktober. Registrering af antal fremspirede ukrudtsplanter blev foretaget i foråret 2009, men det var på dette tidspunkt ikke længere muligt at adskille de enkelte ukrudtsplanter i individer. Der blev foretaget biomassehøst den 17. juni 2009, og antallet af aks blev optalt i den høstede prøve af afgrødebiomasse.

2.4.6 Vårhvede 2009

- 5 rumlige mønstre (mønster 1, 2, 3, 4 og 6)
- 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m^{-2})
- 3 gentagelser

Forsøgsplan og metode for foråret 2009 var magen til forsøgsplanen fra foråret 2008. Der er anvendt økologisk Amaretto til forsøget. Arealet blev gødsket med NPK-gødning (21-3-10) ~ 80 kg N, hvorefter der blev rotorharvet 2 gange (6. april 2009). Parcellerne blev revet fri for sten og knolde, og forsøget blev tilsæt med hvede efter skabeloner den 7. april og med ukrudt (tilfældigt mønster) den 8. april. Efterfølgende blev der sat elhegn og fugleskræmsel op.

Den 22. april blev antal fremspirede hvedeplanter talt op, og der blev taget billeder til digitalisering af plantepositioner. Kun ganske lidt ukrudt var spiret frem på dette tidspunkt sandsynligvis på grund af, at det ikke havde regnet siden såning. 7. maj blev fremspiret ukrudt talt op. 26. juni blev der høstet biomasse (hvede og ukrudt). Optælling af antal høstede hvedeaks blev foretaget i den høstede prøve af afgrødebiomasse.



Figur 2.6. Digitalisering af plantepositioner ved hjælp af GIS programmet "Surfer". A: Tilfældigt mønster, 441 planter m^{-2} ; B: 12,5 cm rækker, 728 planter m^{-2} .

2.5 Del II: Rumlige analyser

For at kunne generere de simulerede rumlige mønstre, der er nødvendige for at kunne lave de ønskede isolinier i figur 1.4, blev der anvendt computerprogrammet MATLAB version 7.3.0.267 (R2006b).

Plantepositioner, kortlagt ved digitalisering af fotografier fra markforsøg, blev anvendt til at måle laterale afvigelser i rækken til brug i simuleringsmodellen.

Vi har kvantificeret indflydelsen af de to vigtigste parametre (i) rektangularitet defineret som rækkeafstand divideret med gennemsnitlig afstand i rækken og (ii) variationskoefficienten $CV = \text{standardafvigelse} / \text{den gennemsnitlige afstand mellem frø inden for rækken}$. Brugen af rektangularitet gør analyserne uafhængige af plantetæthed. Plantepositionerne blev anvendt som input til softwaren for at kunne beregne Morisita's Indeks. Morisita's Index of Dispersion (I_d) blev anvendt som et mål for den rumlige uniformitet. Index'et går fra 0 (helt regelmæssigt), over 1 (tilfældigt) til Q (den mest klumpede fordeling).

I bilag A og B er vist de script-filer, der ligger til grund for henholdsvis afgrødemønstrene og beregning af Morisita's Index.

2.5.1 Generering af afgrødemønstre

Ved at variere på rækkeafstanden (ved samme tæthed) kan man bevæge sig til højre eller venstre i figur 1.4. Jo mindre rækkeafstand jo længere til venstre i figuren bevæger man sig. Tilsvarende kan man ved at ændre på fordelingen af planter inden for rækken bevæge sig op eller ned i figuren. Jo mere klumpet eller aggregeret planterne står i rækken, jo højere bevæger man sig op i figuren.

Der blev valgt en afgrødetæthed på 350 planter m^{-2} til mønstrene. Der blev genereret afgrødemønstre med CV (y-akse i figur 1.4) på 0 - 0,25 - 0,5 - 0,75 - 1 - 1,25 - 1,5 - 2 og med et forhold mellem rækkeafstand og gennemsnitsafstand mellem planterne inden for rækken (x-akse i figur 1.4), som vist i tabel 2.2. Der blev genereret $1m^2$ af hvert mønster. Som det fremgår af tabel 2.2 giver antal rækker per meter ikke nødvendigvis et helt antal rækker. For at kunne generere mønstrene med et helt antal rækker blev arealet og plantetallet justeret lidt, som angivet i tabellen.

Tabel 2.2. Oversigt over mønstre der er blevet genereret med CV'er på 0 - 0,25 - 0,5 - 0,75 - 1 - 1,25 - 1,5 - 2.

Rækkeafstand/gennemsnitsafstand i rækken (cm), (x-akse i figur 1.4)	Gennemsnitsafstand mellem planter i rækken (cm)	Rækkeafstand (cm)	Antal rækker per m	For helt antal rækker er anvendt nedenstående antal m^2 /antal planter
0,01	57,14	0,5	200	1/350
0,5	7,52	3,8	26,32	1,03/359
1,0	5,30	5,3	18,87	1,01/352
1,5	4,40	6,5	15,38	1,04/364
2,0	3,76	7,6	13,16	1,06/372
2,5	3,36	8,5	11,76	1,02/357
3,0	3,07	9,3	10,75	1,02/358
3,5	2,86	10,0	10	1/350
4,0	2,67	10,7	9,35	1,07/375
4,5	2,52	11,3	8,85	1,02/356
5,0	2,38	12,0	8,33	1,08/378
5,5	2,29	12,5	8	1/350
6,0	2,18	13,1	7,63	1,05/366
6,5	2,10	13,6	7,35	1,09/381
7,0	2,03	14,1	7,09	1,13/395

2.5.2 Eksempel på generering af mønstre ved 10 cm rækkeafstand

Tilfældig fordeling af planter

Ved 10 cm rækkeafstand er der 10 rækker (jvf. tabel 2.2). For at generere en tilfældig fordeling af planter inden for rækken, blev der genereret 350 tilfældige positioner (y-positioner) inden for en ti meter lang række. Disse blev efterfølgende fordelt i de ti rækker. Nogle rækker kom derfor komme til at indeholde flere end 35 planter og andre rækker færre end 35 planter. Dette for at efterligne virkeligheden mest muligt.

Mønstre med CV mellem 0 og 1

For at generere mønstre med et CV mellem 0 og 1 blev der taget udgangspunkt i et uniformt mønster. For det uniforme mønster var afstanden mellem de enkelte planter inden for rækken 2,86 cm (ved 350 planter m^{-2} og 10 cm rækkeafstand). For at centrere inden for en meter blev positionen af den første plante 1,43 cm ($2,86/2$). Ud fra denne startposition blev der genereret 350 positioner inden for en 10 meter lang række. Planter med en position mellem 0 og < 100 blev placeret i række nummer 1, planter med position mellem 100 og < 200 blev placeret i række nummer 2 osv.

Den måde mønstrene oprindeligt blev genereret på, resulterede i, at der for nogle af afgrødemønstrene med $CV = 0$, fremkom en vis systematik i startpositionen for den første plante i rækken. For at undgå denne systematik blev startpositionerne for den første plante i rækkerne efterfølgende ændret til en tilfældig startposition.

For at generere mønstrene med CV mellem 0 og 1 blev der taget udgangspunkt i det uniforme mønster og tilføjet normalfordelt variation, indtil det ønskede CV blev opnået.

Mønstre med CV mellem 1 og 2

For at generere mønstre med CV mellem 1 og 2 kunne ovennævnte metode ikke anvendes. Her blev i stedet anvendt den kumulerede tæthedsfunktion. Det mest ekstreme mønster var mønstret med 0,5 cm rækkeafstand med $CV = 2$. For dette mønster blev der dannet en matrice (A), hvor den 1. kolonne er afstande mellem planter og den 2. kolonne er de kumulerede relative hyppigheder:

A =

0	0
8	0,32
15	0,4
30	0,75
50	0,77
75	0,81
100	0,87
150	0,91
175	0,92
205	0,93
250	0,94
310	0,95
360	0,96
410	0,97
515	0,98
620	0,99
700	1

Ved kald af en funktion i Matlab kan der dannes nye matricer for de øvrige CV-værdier 1,5 og 1,25.

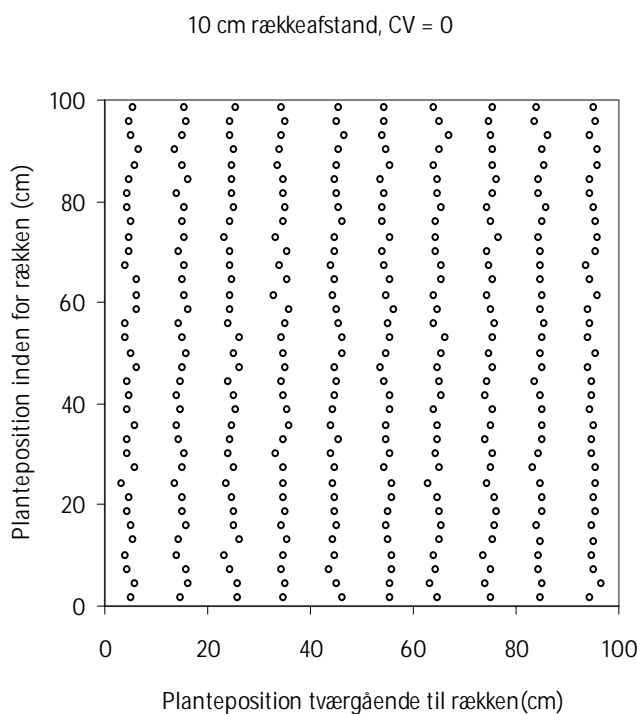
Med udgangspunkt i matricen A blev der i Matlab genereret 350 tilfældigt fordelte afstande mellem planter (y-positioner) med den ønskede fordeling.

Planternes positioner på tværs af rækken kaldes her x-positioner. På baggrund af digitalisering af plante-positioner fra markforsøg i stor skala på den økologiske lokalitet, blev standardafvigelsen for planterne fra rækkernes middelværdi beregnet til 0,75 cm. X-positionerne blev derfor tilføjet 0,75 cm normalfordelt variation for at efterligne virkeligheden så meget som muligt.

Morisita's Index

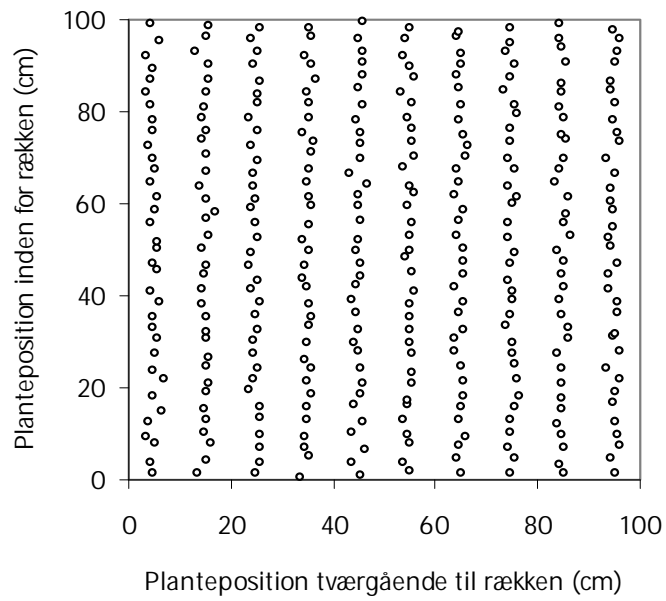
For at kunne finde den præcise beliggenhed af de hypotetiske isolinier i figur 1.4, blev uniformitetsgraden af de enkelte mønstre bestemt som Morisita's Index. Morisita's Index har vist sig egnet til rumlige analyser af afgrødens rumlige uniformitet (Kristensen *et al.* 2005). Da mønstrene ikke alle var præcis 1 m², anvendte vi den centrale 75 cm x 75 cm af mønstret til beregning af Morisita's Index. Morisita's Index blev beregnet på grundlag af cellestørrelser på 5 cm x 5 cm.

I nedenstående figurer 2.7 - 2.14 er vist eksempler på afgrødemønstre med 10 cm rækkeafstand med CV mellem 0 og 2.



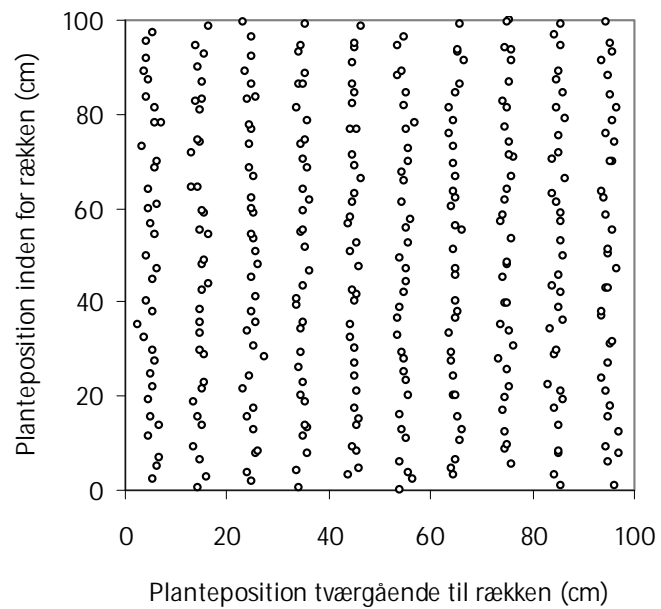
Figur 2.7. 10 cm rækkeafstand. Uniform fordeling inden for rækken. CV = 0.

10 cm rækkeafstand, CV = 0,23



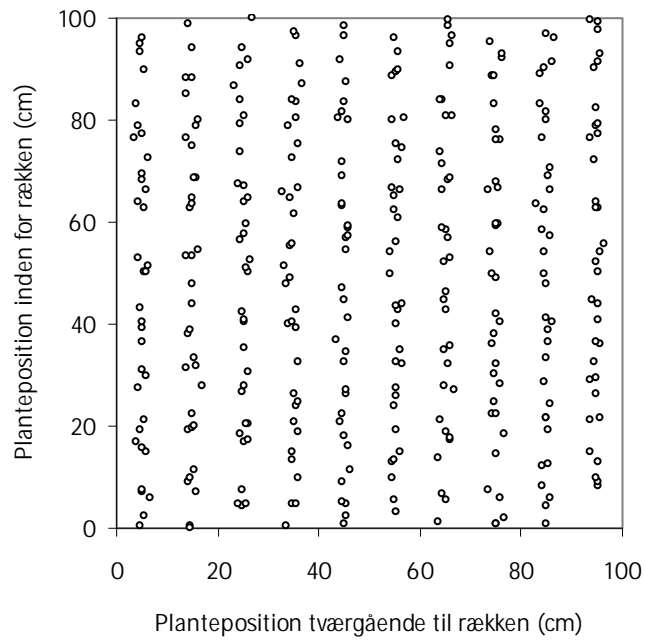
Figur 2.8. 10 cm rækkeafstand. Uniform fordeling inden for rækken + 0,5 cm normalfordelt variation. CV = 0,23.

10 cm rækkeafstand, CV = 0,49



Figur 2.9. 10 cm rækkeafstand. Uniform fordeling inden for rækken + 1,1 cm normalfordelt variation. CV = 0,49.

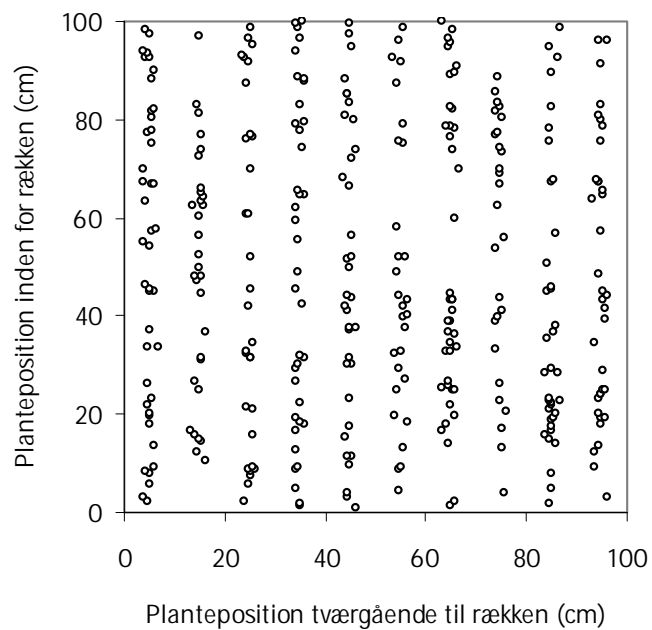
10 cm rækkeafstand, CV = 0,75



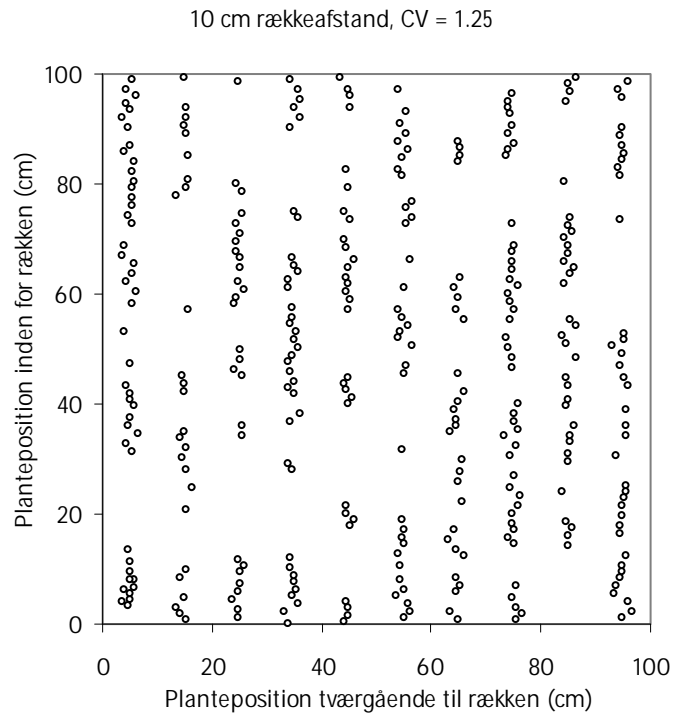
Figur 2.10. 10 cm rækkeafstand. Uniform fordeling inden for rækken + 2,5 cm normalfordelt variation. CV = 0,75.

10 cm rækkeafstand, CV=0.99

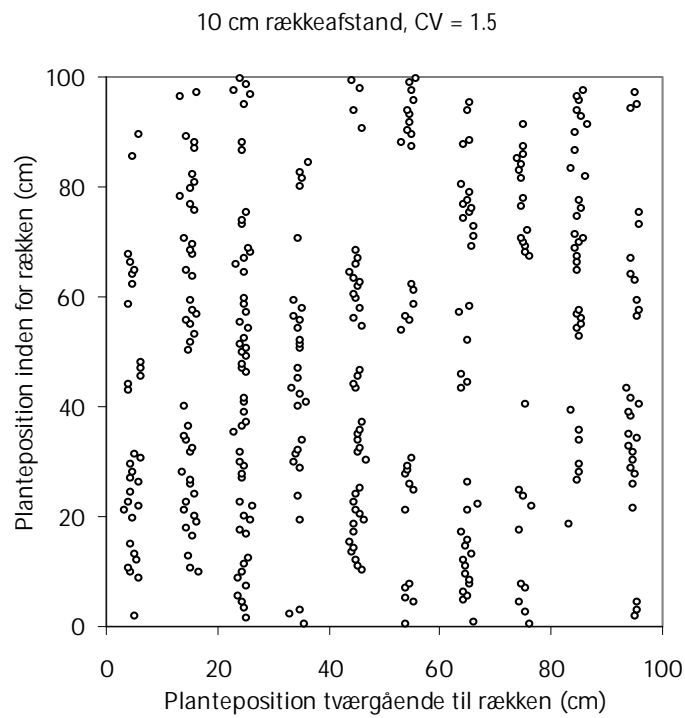
Tilfældig placering af planter inden for rækken



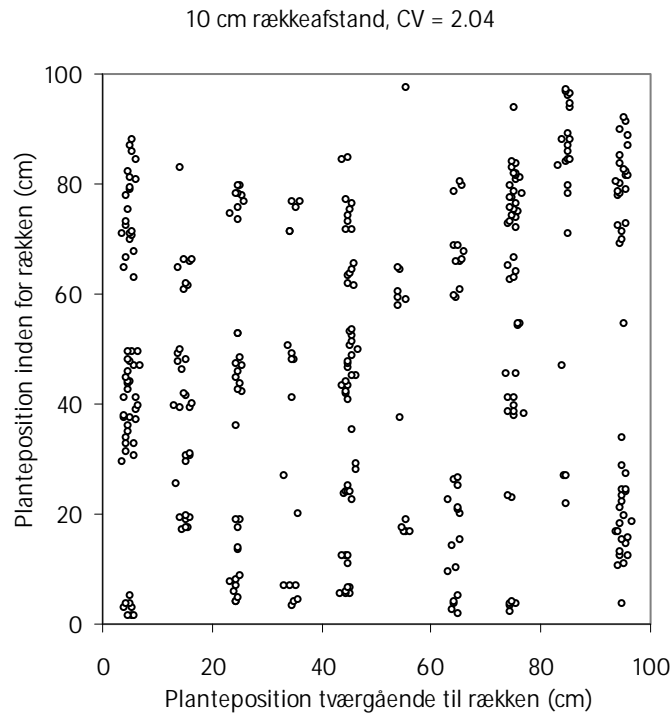
Figur 2.11. 10 cm rækkeafstand. Tilfældig fordeling af planter inden for rækken. CV = 1.



Figur 2.12. 10 cm rækkeafstand. Generering af mønster, se tekst. CV = 1,25.



Figur 2.13. 10 cm rækkeafstand. Generering af mønster, se tekst. CV = 1,5.



Figur 2.14. 10 cm rækkeafstand. Generering af mønster, se tekst. CV = 2.

2.6 Del III: Markforsøg i stor skala

2.6.1 Forsøgsplan

Forsøgene blev udført i både vår- og vinterhvede (forår: 2008 og 2009, efterår: 2007 og 2008) dels på en konventionel lokalitet dels på en økologisk lokalitet. Der blev anvendt to afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}), hvor de 356 planter m^{-2} svarer til normal praksis ved dyrkning af vinterhvede. På begge lokaliteter blev der anvendt de samme såmaskiner med henholdsvis økologisk og konventionel såsæd.

Til såning i $12,8$ cm rækker blev der anvendt Hege forsøgssåmaskine, til såning i 4 cm rækker blev der anvendt en såmaskine fra Kuhn med konventionelle såskær, og til såning i uniformt mønster blev der anvendt Kverneland Accord præcisionssåmaskine. For at kunne opnå den lille rækkeafstand, var de to sidstnævnte såmaskiner blevet ombygget således, at der var monteret to bomme med såskær efter hinanden (Figur 2.15).



Figur 2.15. Præcisionssåmaskine, Accord (venstre foto) og de to bomme på Kuhn, Rauch Venta (højre foto).

Baseret på vores erfaring med sen fremspiring af sået ukrudt i forsøg i lille skala (forår 2007), blev der ikke sået ukrudt i markforsøgene i stor skala. Til gengæld blev det tilstræbt at opnå et højt men realistisk ukrudtstryk ved at anlægge forsøgene på arealer med meget enårigt ukrudt.

Ukrudts- og afgrødebiomasse blev høstet på det tidspunkt, hvor det blev skønnet, at ukrudtsbiomassen var maksimal. Dette var i slutjuni/startjuli, hvor al overjordisk hvede- og ukrudtsbiomasse blev høstet i en tilfældigt placeret 0,25 m² prøveflade.

2.6.1.1 Forsøg i vinterhvede:

Konventionel lokalitet:

- 3 afgrødemønstre (uniformt mønster, 12,8 cm og 4 cm rækkeafstand)
- 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²)
- +/- standardherbicidbehandling
- Konventionel såsæd (Ellvis, 2007; Frument, 2008)

Halvdelen af parcellerne blev sprøjtet med herbicid ifølge standardprocedure baseret på det ukrudtstryk, der forekom. De sprøjtede parceller var omgivet af værnparceller.

Økologisk lokalitet:

- 3 afgrødemønstre (uniformt mønster, 12,8 cm og 4 cm rækkeafstand)
- 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²)
- +/- harvning
- Økologisk såsæd (Ellvis, 2007; Frument 2008)

Der blev anvendt standardpraksis for ukrudtsbekæmpelse ved økologisk korndyrkning: Sen såning og i halvdelen af parcellerne 2-6 harvninger, afhængig af ukrudtstrykket (der blev foretaget en dobbeltharvning per gang).

2.6.1.2 Forsøg i vårhvede:

Konventionel lokalitet:

- 3 afgrødemønstre (uniformt mønster, 12,8 cm og 4 cm rækkeafstand)
- 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²)
- +/- standardherbicidbehandling
- Konventionel såsæd (Amaretto, 2008 og 2009)

Halvdelen af parcellerne blev sprøjtet med herbicid ifølge standardprocedure baseret på det ukrudtstryk, der forekom. De sprøjtede parceller var omgivet af værnparceller.

Økologisk lokalitet:

- 3 afgrødemønstre (uniformt mønster, 12,8 cm og 4 cm rækkeafstand)
- 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²)
- +/- harvning
- Økologisk såsæd (Amaretto, 2008 og 2009)

Der blev anvendt standardpraksis for ukrudtsbekæmpelse ved økologisk korndyrkning: Sen såning med "falsk" såbed og i halvdelen af parcellerne 2-4 harvninger, afhængig af ukrudtstrykket (dobbeltharvning per gang).

2.6.2 Vinterhvede 2007

Forsøgsarealerne blev pløjet og harvet forud for såning. Forsøgsarealet på den konventionelle lokalitet var mere knoldet end på den økologiske lokalitet. På begge lokaliteter blev parcellerne til præcisionssåning og 4 cm rækkeafstand revet fri for knolde umiddelbart inden såning.

Uniformt mønster og 12,8 cm rækkeafstand blev sået 4. oktober 2007. På grund af regn var det først muligt at så 4 cm rækkeafstand den 7. oktober 2007.

Parceller sået med 4 cm rækkeafstand blev tromlet 9. oktober, da det så ud til, at der havde været fugle i dem.

Fremspiring blev registreret 5. november 2007 og en parcel af hvert mønster og tæthed i hver blok blev fotograferet (50 x 50 cm) 90 cm over jordoverfladen.

På den konventionelle lokalitet blev halvdelen af parcellerne sprøjtet mod ukrudt med en blanding af Boxer 1,5 l/ha, Stomp 0,5 l/ha og Oxitril CM 0,2 l/ha (200 l vand/ha) den 30. november 2007. 15. maj 2008 blev forsøget sprøjtet igen mod ukrudt med Harmony Plus ST 1,5 tablet/ha (200 l vand/ha) samt gødsket med NPK 21-3-10 ~ 160 kg N/ha. 18. juni 2008 blev hele forsøget sprøjtet mod lus og svampe med en blanding af 0,2 l Proline/ha, 0,1 l Opus/ha og 0,05 l Mavrik/ha. Der blev høstet biomasse den 23. juni 2008 og kernehøst blev foretaget den 21. august 2008. Antal aks blev optalt i de høstede biomasseprøver.

På den økologiske lokalitet blev halvdelen af parcellerne striglet to gange per gang med en kørehastighed på 8 km/time henholdsvis den 1. og den 25. april 2008. Efter sidste strigling blev ukrudtet talt op i alle parceller. 23. april blev der tilført 38 t/ha svinegylle ~ 120 kg N og 11 kg P. Udnyttelsesgrad 75 ~ 90 kg N, 10 kg P, 195 kg K og 15 kg Mg. 18. juni blev antal aks i en 0,25 m² prøveflade talt op i samtlige parceller. 24. + 25. juni 2008 blev der høstet biomasse. Kernehøst blev foretaget den 25. august 2008.

2.6.3 Vårhvede 2008

Forsøgsarealerne blev pløjet og harvet forud for såning. På begge lokaliteter blev parcellerne til præcisionssåning og 4 cm rækkeafstand revet fri for knolde og sten umiddelbart inden såning. Forforsøg med forskellige kørehastigheder ved 4 cm rækkeafstand viste, at det diagonale mønster, som vi fandt i vinterhvedeforsøget 2007, sandsynligvis skyldtes for lav kørehastighed. Begge lokaliteter blev sået den 22. + 23. april 2008 med efterfølgende tromling 24. april.

Fremspiring af hvede og ukrudt blev registreret 6. maj 2008 og en parcel af hvert mønster og tæthed i hver blok blev fotograferet (50 x 50 cm) 90 cm over jordoverfladen. Optælling af hvede igen 13. maj viste, at der kun var spiret ganske få flere planter frem. Optælling af fremspiret ukrudt blev foretaget den 13. maj på den konventionelle lokalitet. På den økologiske lokalitet blev optælling foretaget den 6. maj i de ikke-striglede parceller og den 15. maj i de striglede parceller.

På den konventionelle lokalitet blev halvdelen af parcellerne sprøjtet mod ukrudt den 20. maj 2008 (Harmony Plus ST 1,5 tabl./ha (200 l vand/ha)). Desuden blev forsøget blevet gødsket med NPK 21-3-10 ~ 114 kg N. 10. juni 2008 blev der sprøjtet mod ukrudt igen med Express, 1 tablet/ha + 100 ml Agropol/ha (200 l vand/ha). 18. juni 2008 blev hele forsøget sprøjtet mod lus og svampe med en blanding af 0,2 l Proline/ha, 0,1 l Opus/ha og 0,05

I Mavrik/ha. Der blev høstet biomasse den 30. juni 2008 og kernehøst blev foretaget den 21. august 2008. Antal aks blev optalt i de høstede biomasseprøver.

På den økologiske lokalitet blev der striglet i halvdelen af parcellerne to gange per gang med en kørehastighed på 4 km/time den 8. maj og 5 km/time den 14. maj 2008. Efter sidste strigling blev ukrudt talt op i de striglede parceller. 17. april 2008 blev der tilført svinegylle (26 t/ha) ~ 93 kg N og 12 kg P. Udnyttelsesgrad 70 % ~ 65 kg N, 11 kg P, 47 kg K og 10 kg Mg. 30. juni blev der høstet biomasse. Kernehøst blev foretaget den 25. august 2008. Antal aks blev optalt i de høstede biomasseprøver.

2.6.4 Vinterhvede 2008

Forsøgsarealerne blev pløjet og harvet forud for såning. For at kunne så med præcisionssåmaskinen (Accord) og til dels også 4 cm rækkeafstand, er det nødvendigt med 3 dages tørvejr, da maskinerne ikke kan køre, hvis det er for vådt/klægt. Såning dette efterår trak lidt ud på grund af ugunstige vejrforhold. På begge lokaliteter blev parcellerne til præcisionssåning og 4 cm rækkeafstand revet fri for knolde umiddelbart inden såning. På den økologiske lokalitet var det nødvendigt at rotorharve den ene blok en gang ekstra på grund af, at der var større knolde her i forhold til de to andre blokke. Begge lokaliteter blev sået den 7. + 8. oktober 2008.

Fremspiring af hvede og ukrudt blev registreret 29. oktober 2008 og en parcel af hvert mønster og tæthed i hver blok blev fotograferet (50 x 50 cm) 90 cm over jordoverfladen. Optælling af hvede igen 4. november viste, at der ikke var spiret flere hvedeplanter frem. Fremspiring af ukrudt blev opgjort den 2. april 2009.

3. november 2008 blev halvdelen af parcellerne på den konventionelle lokalitet sprøjtet mod ukrudt med en blanding af Boxer 1,4 l/ha, Stomp Pentagon 0,5 l/ha og DFF 0,4 l/ha (250 l vand/ha).

26. marts og 30. april 2009 blev der tilført henholdsvis 372 kg NPK (21-3-10) ~ 78 kg N og 438 kg NPK (21-3-10) ~ 92 kg N.

På den økologiske lokalitet blev der striglet i halvdelen af parcellerne 2 gange per gang med en hastighed på 8,1 km/time den 24. marts, den 17. april og den 7. maj 2009.

14. april 2009 blev der tilført 39 tons svinegylle ~ 137 kg total N (106 kg ammonium-N), 15 kg P og 110 kg K (Tørstof 1,91%).

På begge lokaliteter blev der høstet biomasse den 22. juni 2009 og kernehøst blev foretaget den 17. august 2009. Antal aks blev optalt i de høstede biomasseprøver.

2.6.5 Vårhvede 2009

Forsøgsarealerne blev pløjet og harvet forud for såning. På begge lokaliteter blev parcellerne til præcisionssåning og 4 cm rækkeafstand revet fri for knolde og sten umiddelbart inden såning.

På den konventionelle lokalitet blev der den 6. april 2009 gødsket med NPK (21-3-10) ~ 90 kg N, og på den økologiske lokalitet blev der den 7. april 2009 tilført 38 tons svinegylle ~ 134 kg total N (103 kg ammonium-N), 14 kg P og 107 kg K (Tørstof 1,91 %).

Begge lokaliteter blev sået den 15. + 16. april 2009.

Fremspiring af hvede blev registreret 28. og 29. april 2009. Optælling af ukrudt blev foretaget den 7. maj 2009 på den konventionelle lokalitet og den 14. maj på den økologiske lokalitet.

På den økologiske lokalitet blev der striglet i halvdelen af parcellerne to gange med en kørehastighed på 6 km/time den 18. maj. Der blev kun striglet en gang i forsøget, da hveden var længe om at spire frem på grund af tørt vejr.

På den konventionelle lokalitet blev halvdelen af parcellerne sprøjtet mod ukrudt den 11. maj 2009 (1,5 tab Express + 0,5 l Biotril pr. ha, 200 l vand/ha). Der blev høstet biomasse den 1. juli 2009 og kernehøst blev foretaget den 20. august 2009. Antal aks blev optalt i de høstede biomasseprøver.

2.7 Del IV: Driftsøkonomiske analyser

2.7.1 Omkostningsstruktur

Den økonomiske rentabilitet ved implementering af nye så- og dyrkningssystemer i konventionel og økologisk dyrkede kornafgrøder blev undersøgt ved hjælp af en såkaldt differensanalyse, hvor der blev fokuseret på de omkostninger og indtægter, der ændres ved indførelse af de nye systemer. I analyserne blev omkostningerne beskrevet ved hjælp af en omkostningsstruktur (læs regnskabsopstilling), hvor nettoresultat I blev beregnet som produktionsværdi minus variable (omkostninger I) og nettoresultat II blev beregnet som nettoresultat I minus faste omkostninger (omkostninger II).

Omkostninger I inkluderer variabelt forbrug af udsæd, herbicider, arbejdskraft og energi anvendt i de enkelte operationer, mens omkostninger II inkluderer faste omkostninger i form af forrentning og afskrivning på benyttede maskiner. Indtægterne er beskrevet ved høstudbyttet, ligesom undertrykkelse af ukrudt samt reduceret pesticid og anvendelse kan tillægges en værdi. Bemærk, at det kun er de regnskabsposter, der påvirkes af en ændret dyrkningspraksis, der indgår i omkostningsstrukturen. Derfor må fx nettoresultat I og II ikke forveksles med traditionelt anvendte termer som dækningsbidrag I og II.

Produktionsværdi

Udbytte x pris **xxx**

Omkostninger I

Udsæd xxx
Ukrudtsharvning xxx
Herbicider xxx
Sprøjtning xxx **xxx**

Nettoresultat I xxx

Omkostninger II

Såbedsharve xxx
Såmaskine xxx **xxx**

Nettoresultat II xxx

3 Resultater

3.1 Del I: Forsøg i lille skala

3.1.1 Vårhvede 2007

3.1.1.1 Fremspiring

Ukrudt

For samtlige parceller varierede mængden af ukrudt fra 24 til 186 planter m^{-2} . Der var et lavere ukrudtstryk i parcelnumrene 10-15 end i de første 9 parceller i alle tre blokke. Variansanalysen viste da også en effekt af parcelnummer på antal planter m^{-2} ($P=0.0003$). Gennemsnitligt på tværs af de tre blokke var der mellem 40 og 69 ukrudtsplanter m^{-2} i parcelnumrene 10-15, mens antallet af ukrudtsplanter i parcelnumrene 1-9 varierede mellem 97 og 180 ukrudtsplanter m^{-2} . Det udsåede ukrudt spirede meget sent og har næppe haft nogen konkurrencemæssig betydning for forsøget. Hovedparten af den høstede ukrudtsbiomasse stammede fra naturligt forekommende ukrudt, der bestod af Snerle Pileurt, Hvidmelet Gåsefod, Storkronet Ærenpris, Vej Pileurt, Stedmoder og Læge Jordrøg i nævnte rækkefølge.

Hvede

For samtlige parceller varierede fremspiringsprocenten i forhold til den planlagte udsædsmængde for hvede på mellem 38 og 92 %. Variansanalysen viste, at der var effekt af både afgrødetæthed ($P=0.03$) og afgrødemønster ($P=0.0069$) på fremspiringsprocenten. Den lave fremspiring i enkelte parceller kan muligvis forklares med, at der havde været harer i forsøget. Om effekten af afgrødemønster og afgrødetæthed på fremspiringsprocenten ligeledes kan skyldes harer, kan ikke afvises/forklares.

3.1.1.2 Analyse af data

Rådata for forsøget kan ses i bilag C. Tabel 3.1 viser resultatet af variansanalyserne for afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse og Morisita's Index.

Tabel 3.1. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser i vårhvede 2007. Interaktioner med p-værdier $> 0,1$ er successivt fjernet fra analyserne. Data er analyseret i SAS (Mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Transformationer: Ukrudtsbiomasse: Log-transformeret, Morisita's Index: kvadratrodstransformeret.

Effekt	Afgrødebiomasse	Ukrudtsbiomasse	Morisita's Index
Tæthed (T)	$< 0,0001$	$< 0,0001$	0,0006
Mønster (M)	0,0035	$< 0,0001$	$< 0,0001$
T x M			$< 0,0001$

Tabel 3.2 viser parvise sammenligninger af afgrødemønstrene for ukrudtsbiomasse, afgrødebiomasse og Morisita' Index. For de to mønstre kaldet "Uni-række, tilf i rækken" og "Uniform række, I=tilf" viste ingen forskel i hverken afgrøde- eller ukrudtsbiomasse. Selv om de parvise sammenligninger viste en forskel i Morisita's Index for disse to afgrødemønstre, blev det besluttet at udelade mønstret med uniform rækkeafstand og et Morisita Index ~ tilfældigt mønster i de efterfølgende

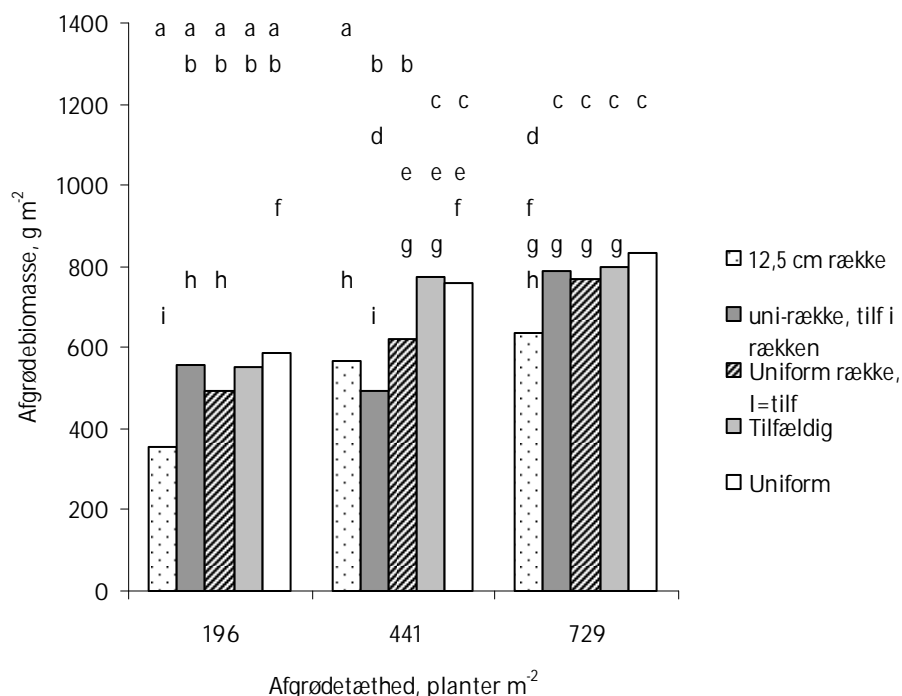
forsøg (fra foråret 2008), da vi mener, at disse to mønstre er for ens til at kunne vise en effekt på ukrudtsbiomassen. I stedet blev der anvendt et mønster med 6,25 cm rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken.

Tabel 3.2. Parvise sammenligninger af afgrødemønstrene for ukrudtsbiomasse, afgrødebiomasse og Morisita Index. Forklaring på afgrødemønstre: Se tabel 2.1 og figur 3.1.

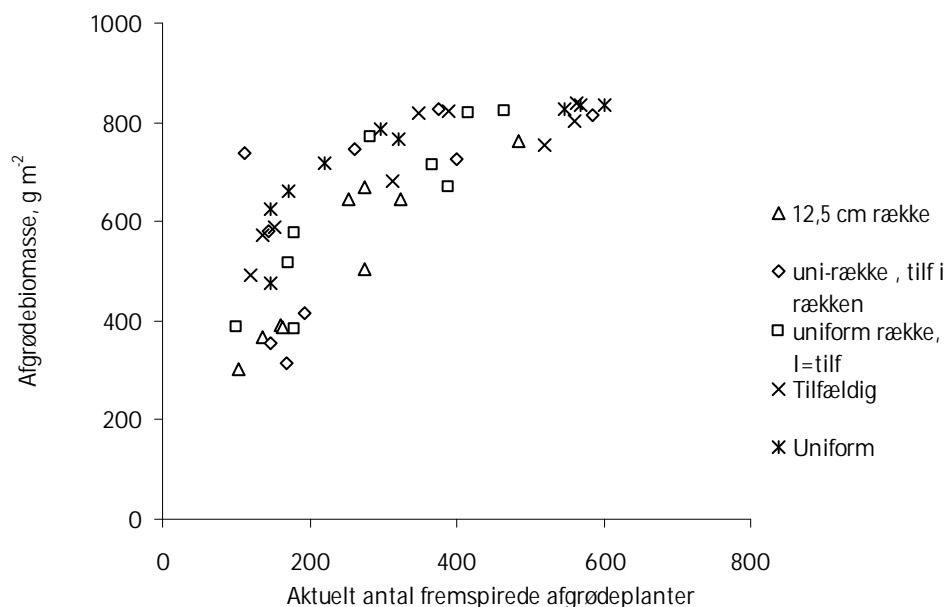
Mønster	Mønster	P (ukrudtsbiomasse)	P (afgrødebiomasse)	P (Morisita's Index)
Uniform	Tilfældig	0,4349	0,7078	< 0,0001
Uniform	Uni-række	0,0130	0,0541	< 0,0001
Uniform	Række	< 0,0001	0,0006	< 0,0001
Tilfældig	Uni-række	0,0743	0,1140	0,8289
Tilfældig	Række	< 0,0001	0,0017	< 0,0001
Uni-række	Række	0,0116	0,0760	< 0,0001
Uniform	Uniform, I=tilf	0,0136	0,0706	< 0,0001
Tilfældig	Uniform, I=tilf	0,0773	0,1446	0,0412
Uni-række	Uniform, I=tilf	0,9846	0,8968	0,0256
Række	Uniform, I=tilf	0,0111	0,0584	< 0,0001

3.1.1.3 Afgrødebiomasse

Figur 3.1 og 3.2 viser afgrødebiomassen for de 5 afgrødemønstre og tre afgrødetætheder. I figur 3.1 er afgrødemønstrene for hver afgrødetæthed teoretisk set rankeret efter stigende grad af uniformitet (12,5 cm rækkeafstand mindst regelmæssigt og uniformt mønster mest regelmæssigt). Det skal dog nævnes, at mønstret med uniform rækkeafstand og Morisita's Index ~ tilfældigt mønster og det tilfældige mønster teoretisk set har samme uniformitetsgrad.



Figur 3.1. Afgrødebiomasse i vårhvede 2007 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling af planter inden for rækken; uniform mønsters rækkeafstand med Morisita Index ~ det tilfældige mønster; tilfældigt mønster samt uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m²). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).



Figur 3.2. Sammenhæng mellem afgrødebiomasse og det aktuelle antal fremspirede afgrødeplanter i vårhvede 2007 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling af planter inden for rækken; uniform mønsters rækkeafstand med Morisita Index - det tilfældige mønster; tilfældigt mønster samt uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m^{-2}).

Afgrødebiomassen steg for alle afgrødemønstrene med afgrødetætheden og med uniformiteten. For mønstret med uniform rækkeafstand og tilfældig fordeling af planter inden for rækken (unirække) ved 441 afgrødeplanter m^{-2} , var afgrødebiomassen lavere end forventet i to ud af tre tilfælde.

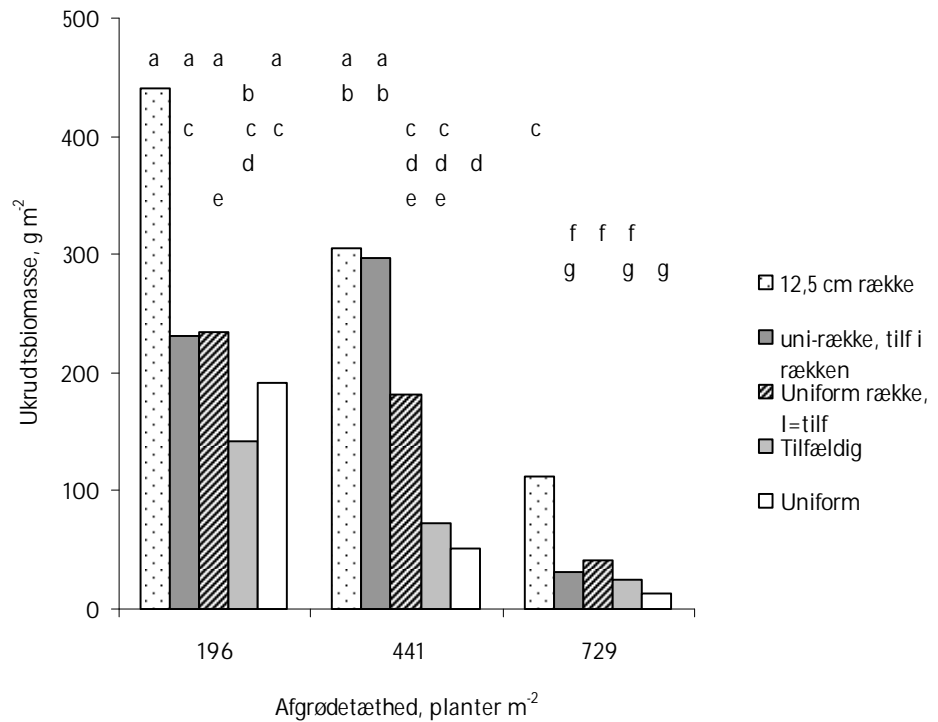
Ukrudtsbiomassen var tilsvarende højere end forventet (figur 3.3). Om det skyldes, at der har været harer i forsøget kan ikke afvises. En sammenligning af afgrødemønstrene med det mest uniforme mønster, viste, at der var et fald i afgrødebiomassen med faldende uniformitet (tabel 3.3).

Tabel 3.3. Procentvis lavere afgrødebiomasse for de fire afgrødemønstre set i forhold til det mest uniforme mønster (gennemsnit af de tre afgrødetætheder). Mønstrene er opstillet efter faldende uniformitet.

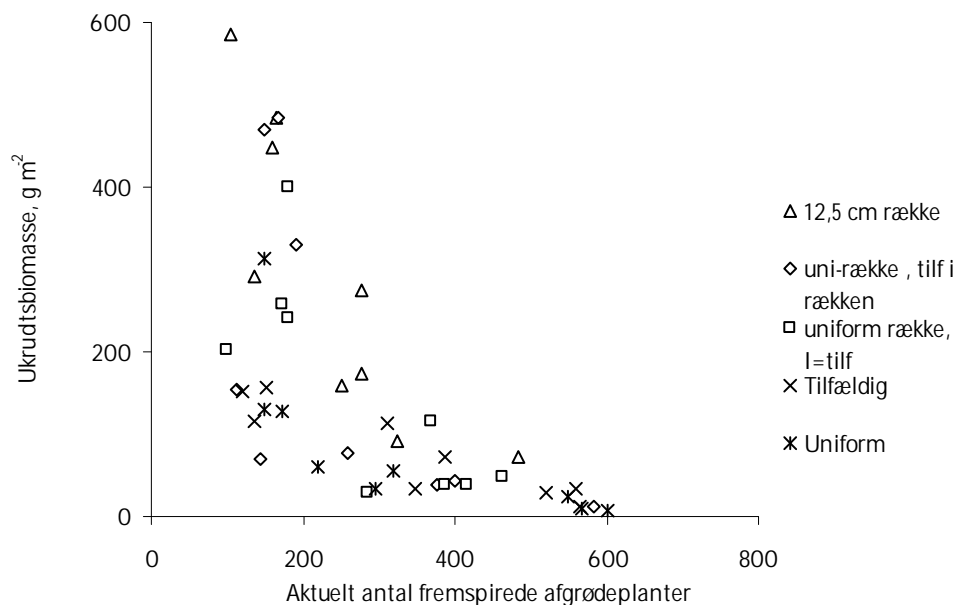
Tilfældigt mønster	2,5 % lavere
Uniform rækkeafstand, Morisita Index ~ tilfældigt mønster	13,6 % lavere
Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling inden for rækken	15,6 % lavere
Række	28,4 % lavere

3.1.1.4 Ukrudtsbiomasse

Figur 3.3 og 3.4 viser ukrudtsbiomassen for de 5 afgrødemønstre og tre afgrødetætheder. I figur 3.3 er afgrødemønstrene teoretisk set rankeret efter stigende uniformitet på samme måde som vist for afgrødebiomassen (fig. 3.1). Ukrudtsbiomassen faldt for alle afgrødemønstrene med afgrødetætheden og steg med faldende uniformitet. Som ovenfor nævnt, var der en undtagelse for afgrødemønstret "unirække" ved 441 planter m^{-2} , hvor ukrudtsbiomassen var højere end forventet. En sammenligning af afgrødemønstrene med det mest uniforme mønster, viste en stigning i ukrudtsbiomassen med faldende uniformitet med undtagelse af det tilfældige mønster, hvor ukrudtsbiomassen var på samme niveau (6,8 % højere i det uniforme mønster) (tabel 3.4).



Figur 3.3. Ukrudtsbiomasse i vårhvede 2007 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling af planter inden for rækken; uniform mønsters rækkeafstand med Morisita Index ~ det tilfældige mønster; tilfældigt mønster samt uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m²). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).



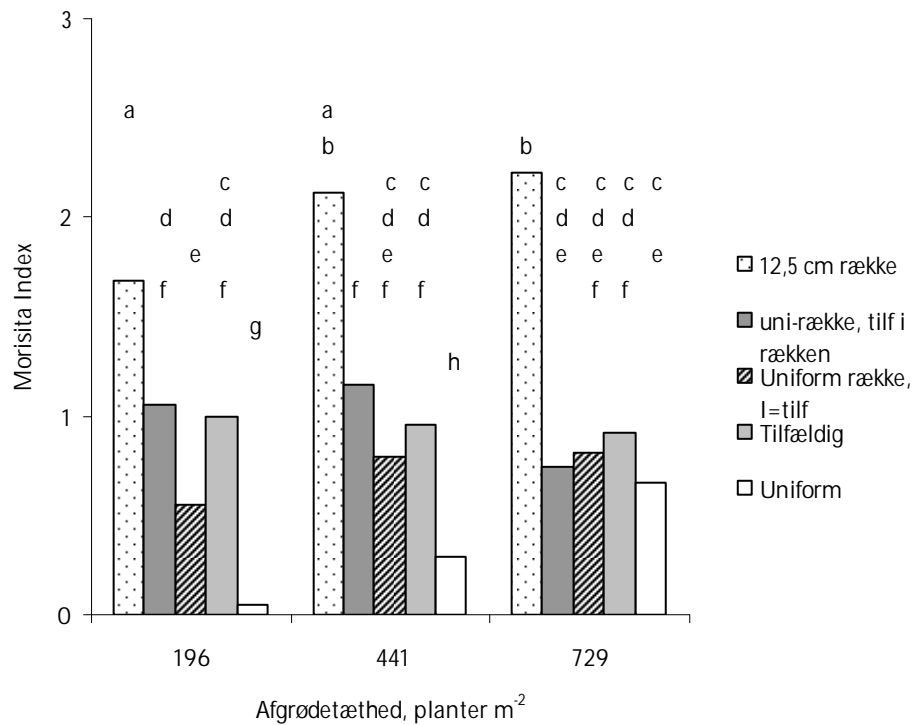
Figur 3.4. Sammenhæng mellem ukrudtsbiomasse og det aktuelle antal fremspirede afgrødeplanter i vårhvede 2007 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling af planter inden for rækken; uniform mønsters rækkeafstand med Morisita Index ~ det tilfældige mønster; tilfældigt mønster samt uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m²).

Tabel 3.4. Procentvis lavere/højere ukrudtsbiomasse for de fire afgrødemønstre set i forhold til det mest uniforme mønster (gennemsnit af de tre afgrødetætheder). Mønstrene er opstillet efter faldende uniformitet.

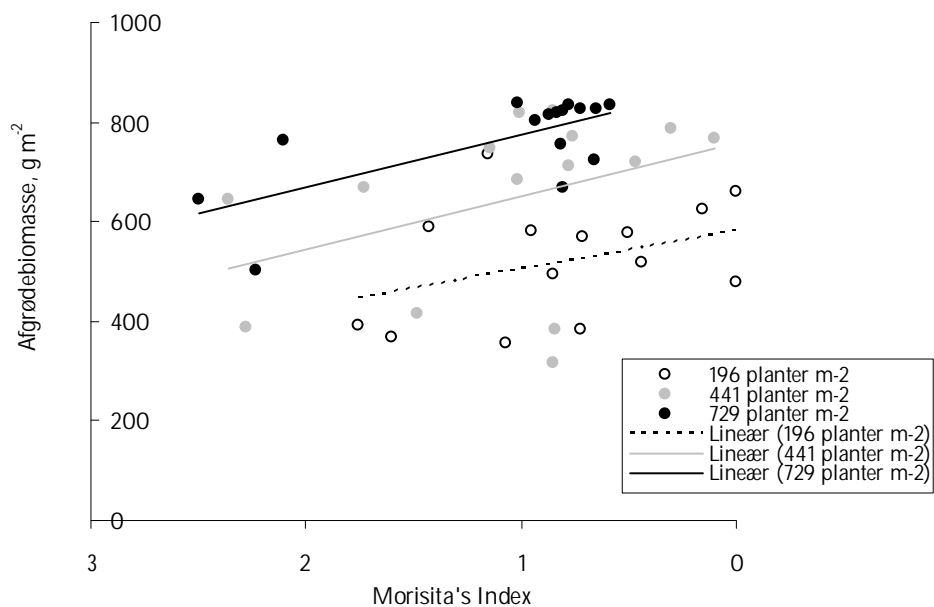
Uniformt mønster 6,8 % højere end tilfældigt mønster
Uniformt mønster 44,3 % lavere end uniform rækkeafstand med Morisita Index - tilfældigt mønster
Uniformt mønster 54,6 % lavere end uniform rækkeafstand med tilfældig fordeling inden for rækken
Uniformt mønster 70,4 % lavere end normalt rækkemønster (12,5 cm rækkeafstand)

3.1.1.5 Morisita Index

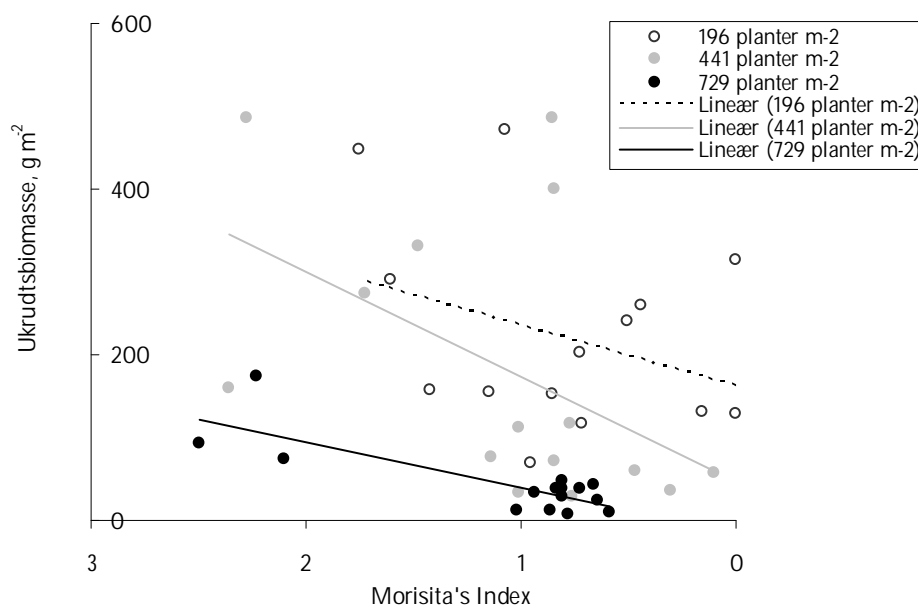
Figur 3.5 viser Morisita's Index for de 5 afgrødemønstre og 3 afgrødetætheder. Figur 3.6 og 3.7 viser sammenhængen mellem Morisita's Index og henholdsvis afgrødebiomasse og ukrudtsbiomasse. Det mindst regelmæssige mønster havde det højeste Morisita Index ved alle 3 afgrødetætheder og det mest regelmæssige mønster havde det laveste Morisita Index ved alle 3 afgrødetætheder.



Figur 3.5. Morisita's Index i vårhvede 2007 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling af planter inden for rækken; uniform mønsters rækkeafstand med Morisita Index - det tilfældige mønster; tilfældigt mønster samt uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).



Figur 3.6. Sammenhæng mellem afgrødebiomasse og det aktuelle Morisita Index (af afgrøden) i vårhvede 2007. $y_{196} = -78,1x + 586,6$ ($P=0,189$); $y_{441} = -106,4x + 755,9$ ($P=0,144$); $y_{729} = -7104,2x + 878$ ($P=0,0043$). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m^{-2} .



Figur 3.7. Sammenhæng mellem ukrudtsbiomasse og det aktuelle Morisita Index (af afgrøden) i vårhvede 2007. $y_{196} = 73,2x + 164,3$ ($P=0,240$); $y_{441} = 125,8x + 48$ ($P=0,0635$); $y_{729} = 54,3x + 14,3$ ($P=0,0003$). Planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m^{-2} .

3.1.2 Vinterhvede 2007

3.1.2.1 Fremspiring

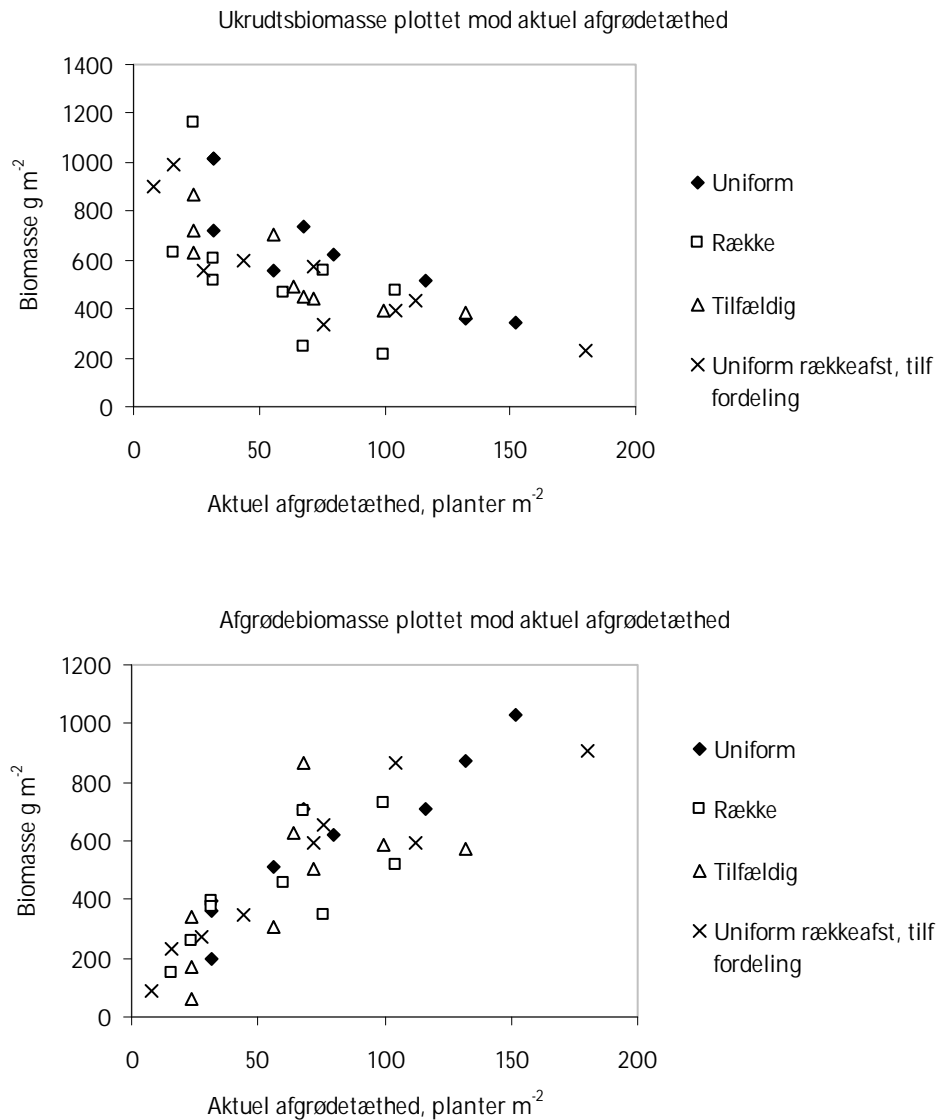
Fremspiringsprocent i forhold til den planlagte udsædsmængde af både ukrudt og afgrøde blev opgjort den 22. oktober 2007.

Den gennemsnitlige fremspiringsprocent af afgrøden i forhold til den planlagte udsædsmængde var kun ca. 15 %.

Ved optælling varierede antallet af ukrudtsplanter fra 128 til 452 planter m^{-2} . Der var gennemsnitligt fremspiret ca. 12 % af den planlagte udsædsmængde af ukrudt.

På trods af den lave fremspiring, blev det i efteråret 2007 besluttet at lade forsøget fortsætte med henblik på at høste biomasse i sommeren 2008.

Figur 3.8 viser henholdsvis ukrudts- og afgrødebiomasse plottet mod den aktuelle afgrødetæthed. Der var en sammenhæng mellem afgrødetæthed og henholdsvis ukrudts- og afgrødebiomasse, men på grund af den lave fremspiring var der ingen effekt af afgrødemønstrene. Data vil ikke blive behandlet yderligere i denne rapport, men rådata for forsøget kan ses i bilag C.



Figur 3.8. Ukrudts- og afgrødebiomasse plottet mod aktuell afgrødetæthed, efterår 2007. Forklaring på afgrødemønstre: Uniform: Afstand mellem planter inden for rækken = afstand mellem rækker; Række: 12,5 cm rækkeafstand, tilfældig placering af planter inden for rækken; Tilfældig: Planter er tilfældigt fordelt; Uniform rækkeafst, tilf.: Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling af planter inden for rækken.

3.1.3 Vårhvede 2008

3.1.3.1 Fremspiring

Ukrudt

Antal fremspirede ukrudtsplanter blev opgjort den 14. + 15. maj 2008. For samtlige parceller varierede antallet af fremspirede planter mellem 144 til 624 planter m^{-2} . Det gennemsnitlige antal var 306 planter m^{-2} ~ 12 % af udsæet mængde. De dominerende arter var Hvidmelet Gåsefod, Snerle Pileurt og Rød Tvetand i nævnte rækkefølge. Desuden en del meget små kimplanter, der næppe har haft nogen konkurrencemæssig betydning for forsøget.

Hvede

Fremspiring af hvede blev opgjort den 7. + 8. maj 2008. For samtlige parceller varierede fremspiringsprocenten i forhold til den planlagte udsædsmængde for hvede på mellem 48 og 100 %. Den gennemsnitlige fremspiringsprocent var 65 %.

3.1.3.2 Analyse af data

Rådata for forsøget kan ses i bilag C. Tabel 3.5 viser resultatet af variansanalyserne for afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse, antal aks og Morisita's Index. Tabel 3.6 viser resultatet af parvise sammenligninger af de forskellige afgrødemønstre for ukrudtsbiomasse, afgrødebiomasse, antal aks og Morisita's Index.

Tabel 3.5. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser i vårhvede 2008. Interaktioner med p-værdier > 0,1 er successivt fjernet fra analyserne. Data er analyseret i SAS (Mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Ukrudtsbiomasse er Log-transformeret.

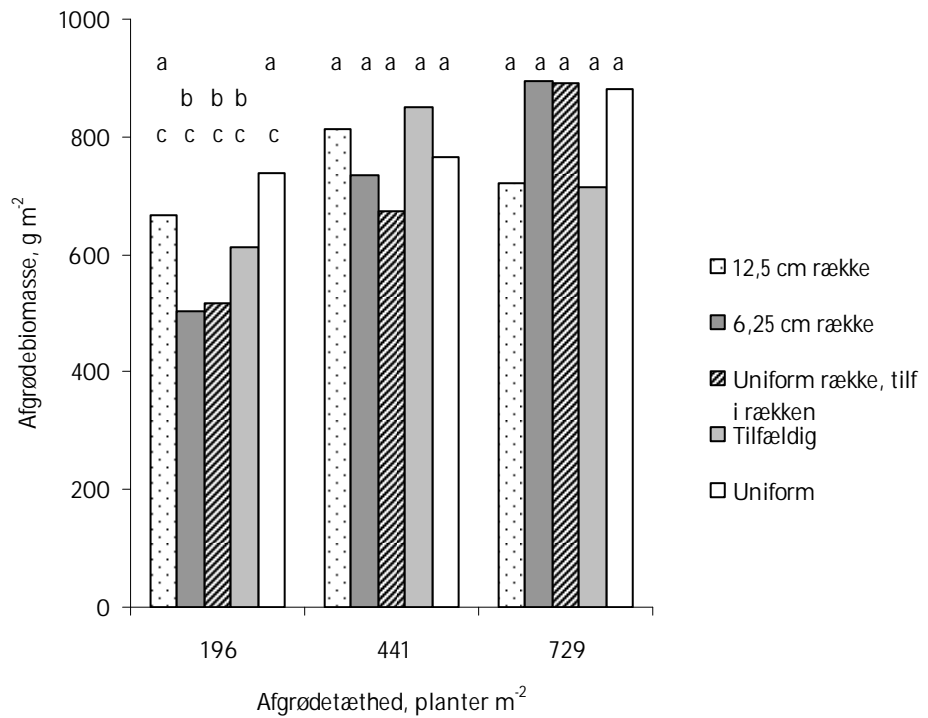
Effekt	Afgrødebiomasse	Ukrudtsbiomasse	Antal aks	Morisita's Index
Tæthed (T)	0,0013	< 0,0001	< 0,0001	0,0008
Mønster (M)	0,6855	0,7815	0,4788	< 0,0001
T x M				0,0118

Tabel 3.6. Parvise sammenligninger af afgrødemønstrene for ukrudtsbiomasse, afgrødebiomasse, antal aks og Morisita's Index i vårhvede 2008. Forklaring på afgrødemønstre: Se f.eks figur 3.9.

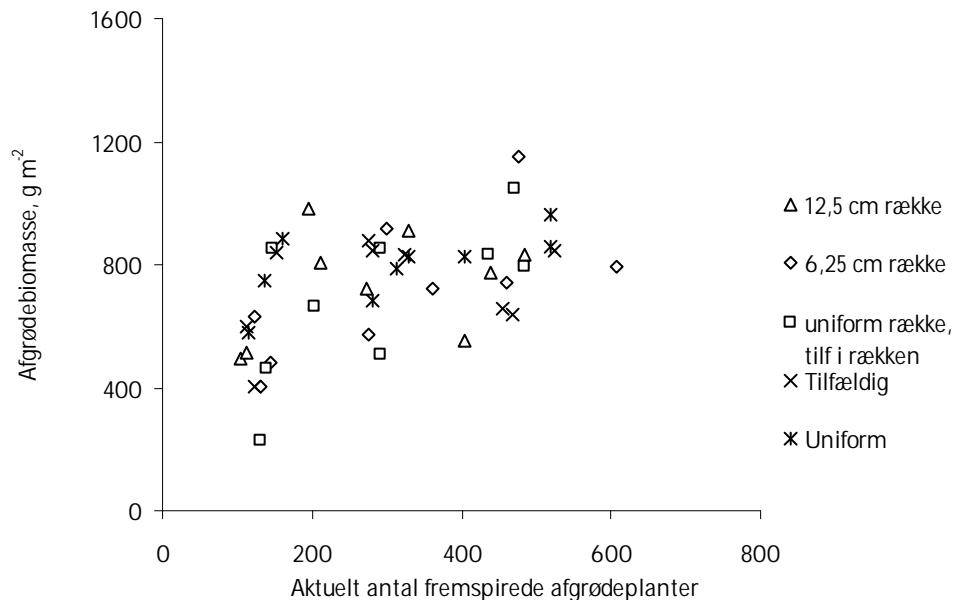
Mønster	Mønster	Ukrudtsbiomasse P	Afgrødebiomasse P	Aks P	Morisita's Index P
Uniform	Tilfældig	0.5921	0.3289	0.6064	<.0001
Uniform	Uni-række	0.7273	0.1535	0.1190	<.0001
Uniform	Række (12,5)	0.2538	0.3765	0.1036	<.0001
Tilfældig	Uni-række	0.8508	0.6395	0.2863	0.3528
Tilfældig	Række (12,5)	0.5388	0.9250	0.2553	<.0001
Uni-række	Række (12,5)	0.4235	0.5742	0.9412	<.0001
Uniform	Række (6,25)	0.4856	0.2432	0.5177	<.0001
Tilfældig	Række (6,25)	0.8705	0.8440	0.8944	0.9690
Uni-række	Række (6,25)	0.7258	0.7853	0.3488	0.3335
Række (12,5)	Række (6,25)	0.6507	0.7712	0.3130	<.0001

3.1.3.3 Afgrødebiomasse

Figur 3.9 og figur 3.10 viser afgrødebiomassen for de fem afgrødemønstre ved henholdsvis de 3 planlagte udsædsmængde og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter. Afgrødebiomassen steg med afgrødetætheden fra 196 til 441 planter m^{-2} , men ikke ved en yderligere forøgelse af afgrødetætheden fra 441 til 729 planter m^{-2} .



Figur 3.9. Afgørdebiomasse for 5 afgørdemønstre og 3 afgørdetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²), forår 2008. De fem mønstre er teoretisk set rangeret efter stigende grad af uniformitet. Forklaring på afgørdemønstre: 12,5 cm rækkeafstand, tilfældig placering af planter inden for rækken; 6,25 cm rækkeafstand, tilfældig placering af planter inden for rækken; Uniform rækkeafstand, tilfældig placering af planter inden for rækken; Tilfældig: Planter er tilfældigt fordelt; Uniform: Afstand mellem planter inden for rækken = afstand mellem rækker. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).



Figur 3.10. Sammenhæng mellem afgørdebiomasse og det aktuelle antal fremspirede afgørdeplanter i vårhvede 2008 for 5 afgørdemønstre (12,5 cm rækkeafstand; 6,25 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand med tilfældig placering af planter inden for rækken; tilfældigt mønster samt uniformt mønster). De planlagte afgørdetætheder var 196, 441 og 729 planter m⁻².

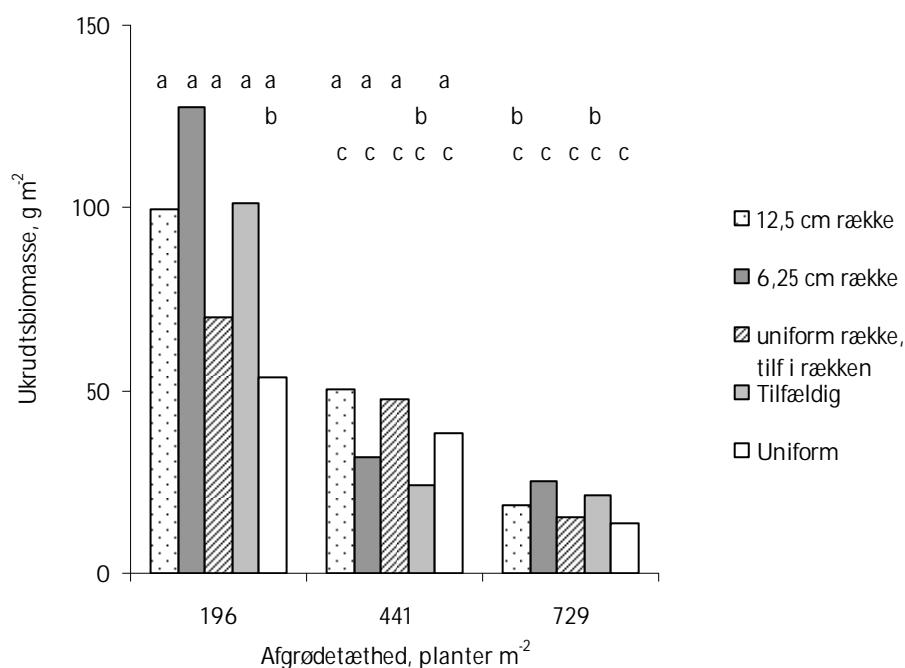
Tabel 3.7 viser den procentvis højere afgrødebiomasse i det uniforme mønster for vårhvedeforsøget 2008, når de forskellige afgrødemønstre sammenlignes med det mest uniforme mønster. Afgrødebiomassen var procentvis højere i det uniforme mønster end i de øvrige afgrødemønstre, men analyse af data viste, at der kun var effekt af afgrødetætheden på afgrødebiomassen og ingen mønstereffekt (tabel 3.5). Parvise sammenligninger af mønstrene viste, at der ikke var forskel på afgrødebiomassen for nogen af afgrødemønstrene (se tabel 3.6).

Tabel 3.7. Procentvis højere afgrødebiomasse for de fire afgrødemønstre set i forhold til det mest uniforme mønster (gennemsnit af de tre afgrødetætheder) i vårhvede 2008. Mønstrene er opstillet efter den teoretisk beregnede faldende uniformitet.

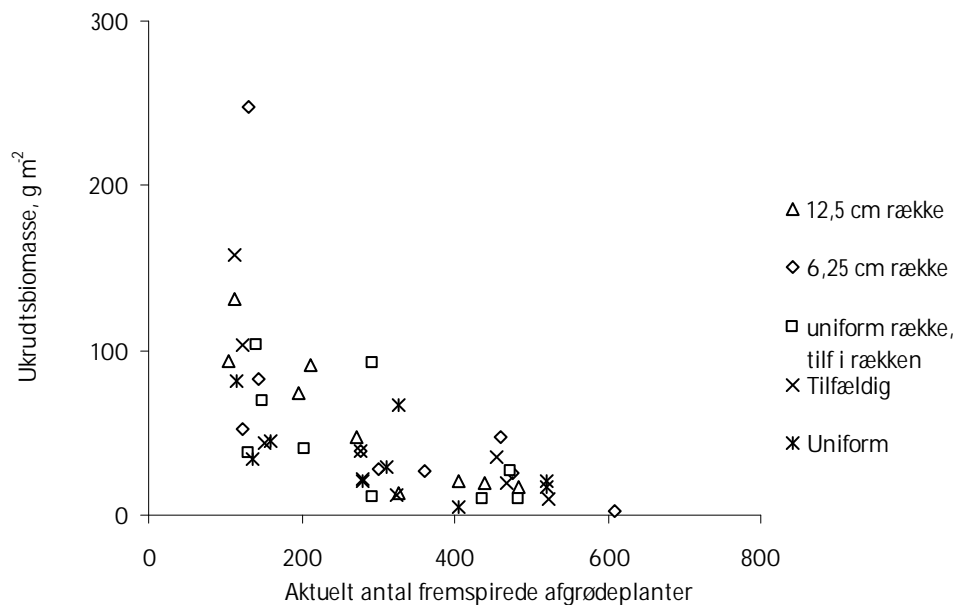
Uniformt mønster 8,6 % højere end tilfældigt mønster
Uniformt mønster 12,8 % højere end uniform rækkeafstand med tilfældigt fordeling af planter inden for rækken
Uniformt mønster 10,4 % højere end rækkemønster med 6,25 cm rækkeafstand
Uniformt mønster 7,8 % højere end normalt rækkemønster med 12,5 cm rækkeafstand

3.1.3.4 Ukrudtsbiomasse

Figur 3.11 og figur 3.12 viser ukrudtsbiomassen for de fem afgrødemønstre ved henholdsvis de 3 planlagte udsædsmængde og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter. Ukrudtsbiomassen faldt med øget afgrødetæthed.



Figur 3.11. Ukrudtsbiomasse for 5 afgrødemønstre og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²), forår 2008. De fem mønstre er teoretisk set rankeret efter stigende grad af uniformitet. Forklaring på afgrødemønstre: 12,5 cm række: 12,5 cm rækkeafstand, tilfældig placering af planter inden for rækken; 6,25 cm række: 6,25 cm rækkeafstand, tilfældig placering af planter inden for rækken; Uniform række, tilf i rækken: Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling af planter inden for rækken; Tilfældig: Planter er tilfældigt fordelt; Uniform: Afstand mellem planter inden for rækken = afstand mellem rækker. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).



Figur 3.12. Sammenhæng mellem ukrudtsbiomasse og det aktuelle antal fremspirede afgrødeplanter i vårhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; 6,25 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken; tilfældigt mønster samt uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m^2 .

Tabel 3.8 viser den procentvis lavere ukrudtsbiomasse, når de forskellige afgrødemønstre sammenlignes med det mest uniforme mønster.

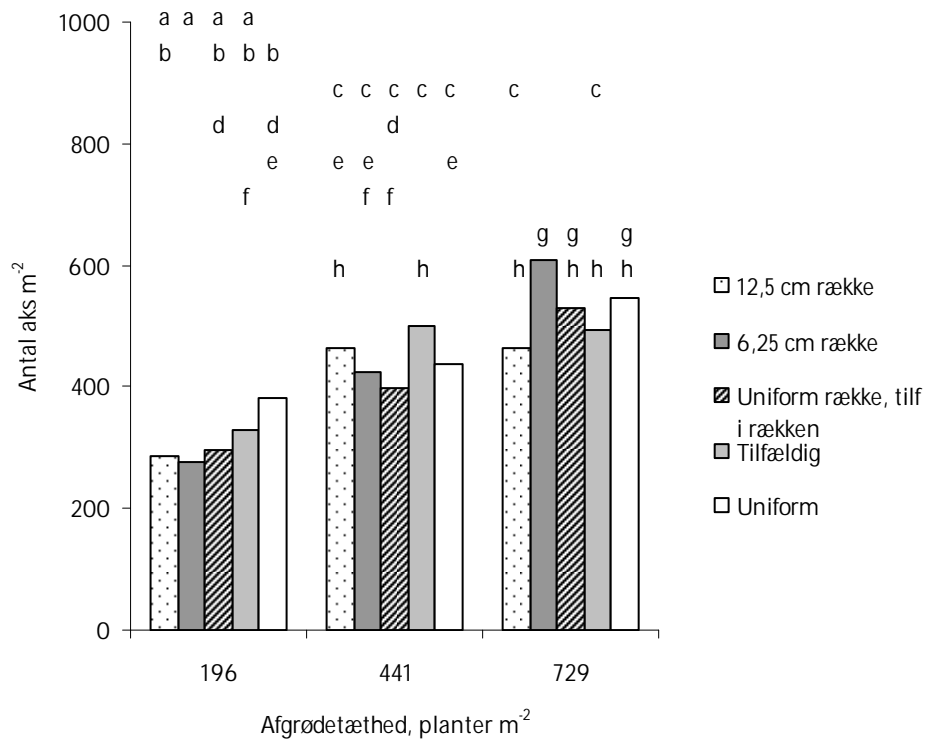
Ukrudtsbiomassen var procentvis lavere i det uniforme mønster end i de øvrige afgrødemønstre, men analyse af data viste, at der kun var effekt af afgrødetætheden på ukrudtsbiomassen og ingen mønstereffekt. Parvise sammenligninger af mønstrene viste, at der ikke var forskel på ukrudtsbiomassen for nogen af afgrødemønstrene (se tabel 3.6).

Tabel 3.8. Procentvis lavere ukrudtsbiomasse for de fire afgrødemønstre set i forhold til det mest uniforme mønster (gennemsnit af de tre afgrødetætheder) i vårhvede 2008. Mønstrene er opstillet efter den teoretisk beregnede faldende uniformitet.

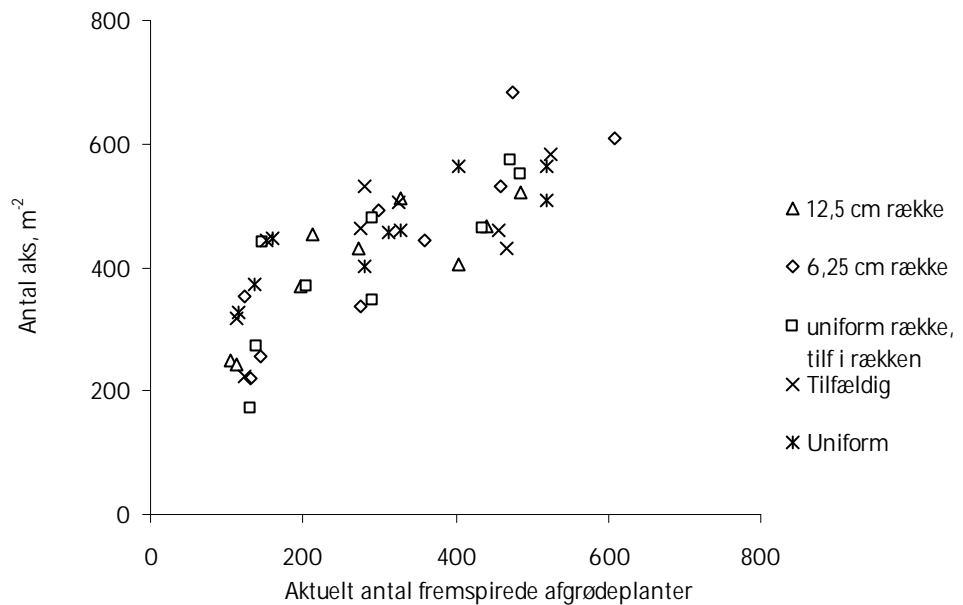
Uniformt mønster 27,8 % lavere end tilfældigt mønster
Uniformt mønster 20,2 % lavere end uniform rækkeafstand med tilfældigt fordeling af planter inden for rækken
Uniformt mønster 42,3 % lavere end rækkemønster med 6,25 cm rækkeafstand
Uniformt mønster 37,3 % lavere end normalt rækkemønster med 12,5 cm rækkeafstand

3.1.3.5 Antal aks

Figur 3.13 og figur 3.14 viser antal aks for de fem afgrødemønstre ved henholdsvis de 3 planlagte udsædsmængde og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter. Antallet af aks steg med afgrødetætheden, men der var ingen mønstereffekt og ingen mønstre var forskellige fra hinanden (tabel 3.6). Som et gennemsnit af alle tre afgrødetætheder var antallet af aks højest i det uniforme mønster. Tabel 3.9 viser det procentvis højere antal aks i det uniforme mønster, når de fire øvrige afgrødemønstre sammenlignes med det uniforme mønster.



Figur 3.13. Antal aks i vårhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; 6,25 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken; tilfældigt mønster samt uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m². Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).



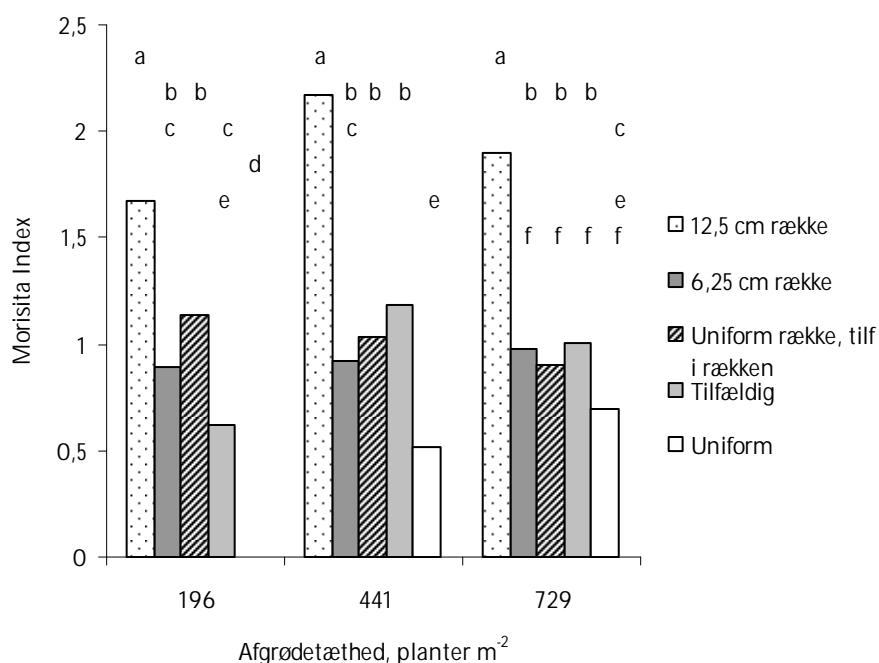
Figur 3.14. Sammenhæng mellem antal aks og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter i vårhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; 6,25 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken; tilfældigt mønster samt uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m².

Tabel 3.9. Procentvis flere antal aks i det uniforme mønster i forhold til de 4 øvrige afgrødemønstre (gennemsnit af de tre afgrødetætheder) i vårhvede 2008. Mønstrene er opstillet efter den teoretisk beregnede faldende uniformitet.

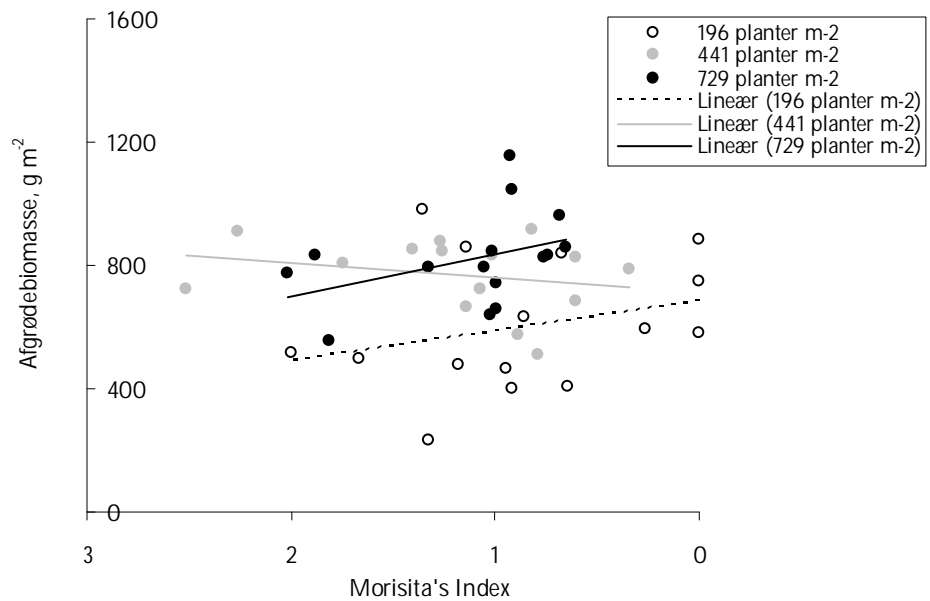
Uniformt mønster 3,4 % højere end tilfældigt mønster
Uniformt mønster 10,5 % højere end uniform rækkeafstand med tilfældigt fordeling af planter inden for rækken
Uniformt mønster 4,5 % højere end rækkemønster med 6,25 cm rækkeafstand
Uniformt mønster 12,3 % højere end normalt rækkemønster med 12,5 cm rækkeafstand

3.1.3.6 Morisita Index

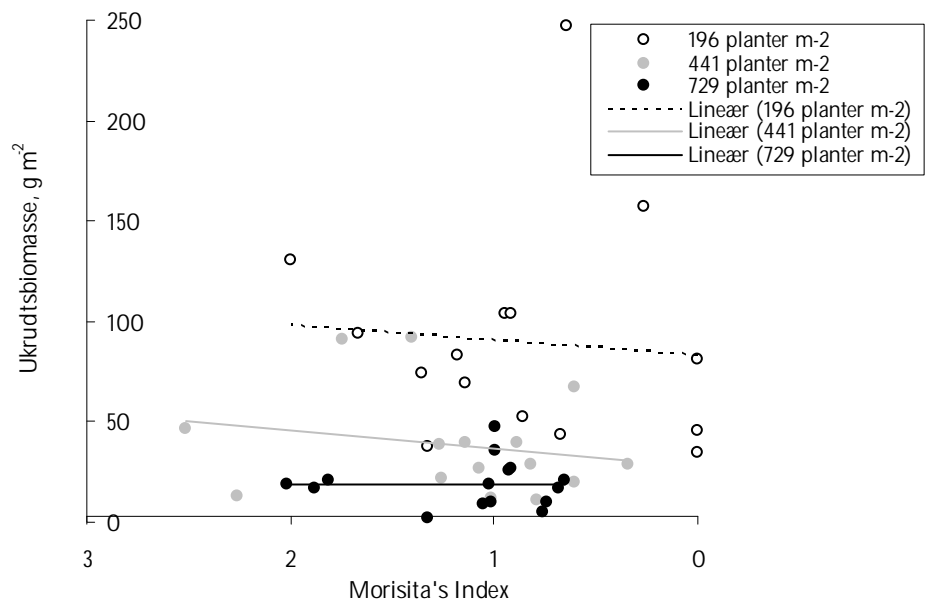
Figur 3.15 viser Morisita's Index for de 5 afgrødemønstre og 3 afgrødetætheder. Figur 3.16 og 3.17 viser sammenhængen mellem Morisita's Index og henholdsvis afgrødebiomasse og ukrudtsbiomassen. Det mindst regelmæssige mønster havde det højeste Morisita Index ved alle 3 afgrødetætheder og det mest regelmæssige mønster havde det laveste Morisita Index ved alle 3 afgrødetætheder.



Figur 3.15. Morisita's Index i vårhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; 6,25 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken; tilfældigt mønster samt uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m⁻². Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).



Figur 3.16. Sammenhæng mellem afgrødebiomasse og det aktuelle Morisita Index (af afgrøden) i vårhvede 2008. $y_{196} = -96,6x + 690,5$ ($P=0,317$); $y_{441} = 49x + 710,1$ ($P=0,757$); $y_{729} = -135,9x + 972,6$ ($P=0,196$). Planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m^{-2} .



Figur 3.17. Sammenhæng mellem ukrudtsbiomasse og det aktuelle Morisita Index (af afgrøden) i vårhvede 2008. $y_{196} = 7,69x + 83,7$ ($P=0,765$); $y_{441} = 9,08x + 27,7$ ($P=0,958$); $y_{729} = -0,608x + 19,5$ ($P=0,905$). Planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m^{-2} .

3.1.4 Vinterhvede 2008

I dette forsøg var der blevet byttet om på to afgrødemønstre i den ene blok, således at der i alt var sæt 4 gentagelser af tilfældigt mønster ved 196 planter m^{-2} og 2 gentagelser af uniformt mønster ved 721 planter m^{-2} . De enkelte planters position blev bestemt på baggrund af fotos fortrinsvis taget den 13. oktober 2008. Morisita's Index blev beregnet ud fra disse plantepositioner. Afgrøde- og ukrudtsbiomassehøst blev foretaget den 17. juni 2009. Antal aks blev optalt i den høstede prøve til bestemmelse af afgrødebiomasse.

3.1.4.1 Fremspiring

Ukrudt

Antal fremspirede ukrudtsplanter m^{-2} blev opgjort i en enkelt blok den 20. oktober 2008 og lå på mellem 16 og 40 % af det planlagte antal ukrudtsplanter. Da det på dette tidspunkt så ud til, at der ville spire yderligere ukrudtsplanter frem, blev optællingen af de sidste 2 blokke udsat til foråret 2009. Ved den efterfølgende optælling i foråret, var det dog ikke længere muligt med sikkerhed at adskille ukrudtsplanterne i individer.

Hvede

Den gennemsnitlige fremspiringsprocent i forhold til den planlagte udsædsmængde blev opgjort den 20. oktober 2008 til 90 %. Den gennemsnitlige fremspiring var lavest i 12,5 cm række (80%) og højest i det uniforme mønster (98 %).

3.1.4.2 Analyse af data

Rådata for forsøget kan ses i bilag C. Tabel 3.10 viser resultatet af variansanalyserne for afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse, antal aks og Morisita's Index og tabel 3.11 viser parvise sammenligninger af afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse, antal aks og Morisita's Index.

Tabel 3.10. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser i vinterhvede 2008. Interaktioner med p-værdier $> 0,1$ er successivt fjernet fra analyserne. Data er analyseret i SAS (Mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Ukrudtsbiomasse er Log-transformeret. Forklaring på afgrødemønstre: Se f.eks figur 3.18.

Effekt	Afgrødebiomasse	Ukrudtsbiomasse	Antal aks	Morisita Index
Tæthed (T)	$<0,0001$	$<0,0001$	$<0,0001$	$<0,0001$
Mønster (M)	0,5313	0,0423	0,5301	$<0,0001$

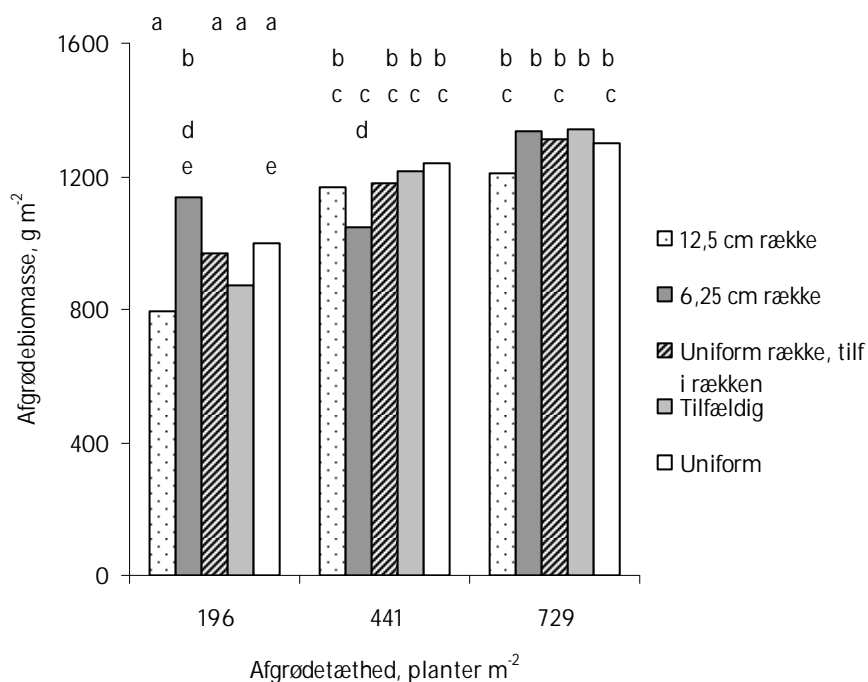
Tabel 3.11. Parvise sammenligninger af afgrødemønstrene for ukrudtsbiomasse, afgrødebiomasse, antal aks og Morisita's Index i vinterhvede 2008. Forklaring på afgrødemønstre: Se f.eks figur 3.18.

Mønster	Mønster	Ukrudtsbiomasse P	Afgrødebiomasse P	Aks P	Morisita's Index P
Uniform	Tilfældig	0,2649	0,6340	0,2311	$<0,0001$
Uniform	Uni-række	0,0658	0,7286	0,3588	$<0,0001$
Uniform	Række (12,5)	0,0031	0,1406	0,1961	$<0,0001$
Tilfældig	Uni-række	0,4038	0,8970	0,7752	0,5891
Tilfældig	Række (12,5)	0,0318	0,2761	0,8988	$<0,0001$
Uni-række	Række (12,5)	0,1778	0,2342	0,6863	$<0,0001$
Uniform	Række (6,25)	0,0105	0,9031	0,9904	$<0,0001$
Tilfældig	Række (6,25)	0,0951	0,7121	0,2150	0,2887
Uni-række	Række (6,25)	0,3961	0,8142	0,3451	0,6046
Række (12,5)	Række (6,25)	0,6067	0,1573	0,1820	$<0,0001$

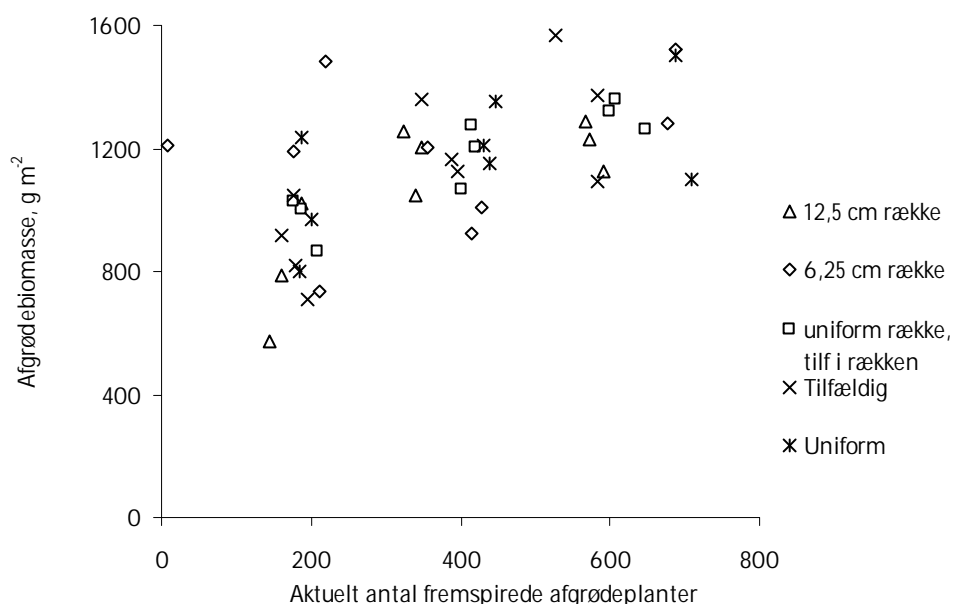
3.1.4.3 Afgrødebiomasse

Figur 3.18 og figur 3.19 viser afgrødebiomassen for de fem afgrødemønstre ved henholdsvis de 3 planlagte udsædsmængde og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter. Der var ingen forskel på afgrødebiomassen for de enkelte afgrødemønstre (tabel 3.11), men der var en signifikant forøgelse af afgrødebiomassen ved at øge afgrødetætheden fra 196 til 441 planter m^{-2} ($P=0,0008$) og fra 441 til 729 planter m^{-2} ($P=0,0358$). Ved den lave afgrødetæthed var afgrødebiomassen signifikant højere ved 6,25 cm rækkeafstand end ved 12,5 cm rækkeafstand, i det tilfældige mønster samt mønstret med uniform rækkeafstand og tilfældig fordeling af planter inden for

rækken med henholdsvis 43 %, 30 % og 18 %. Ved de to øvrige afgrødetætheder sås ingen forskelle på afgrødebiomassen imellem de enkelte afgrødemønstre (fig. 3.18).



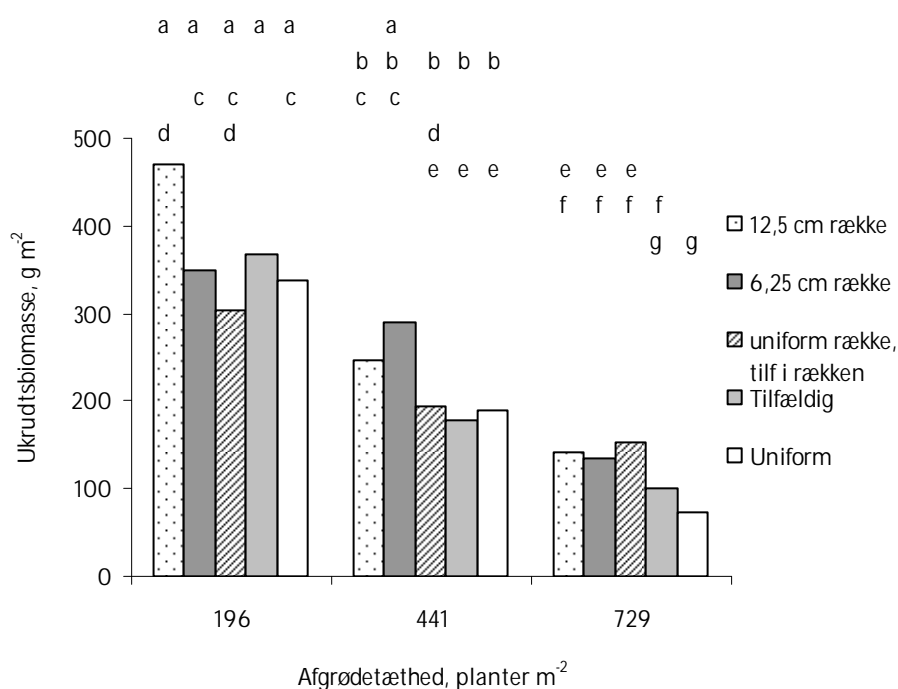
Figur 3.18. Afgrødebiomasse i vinterhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).



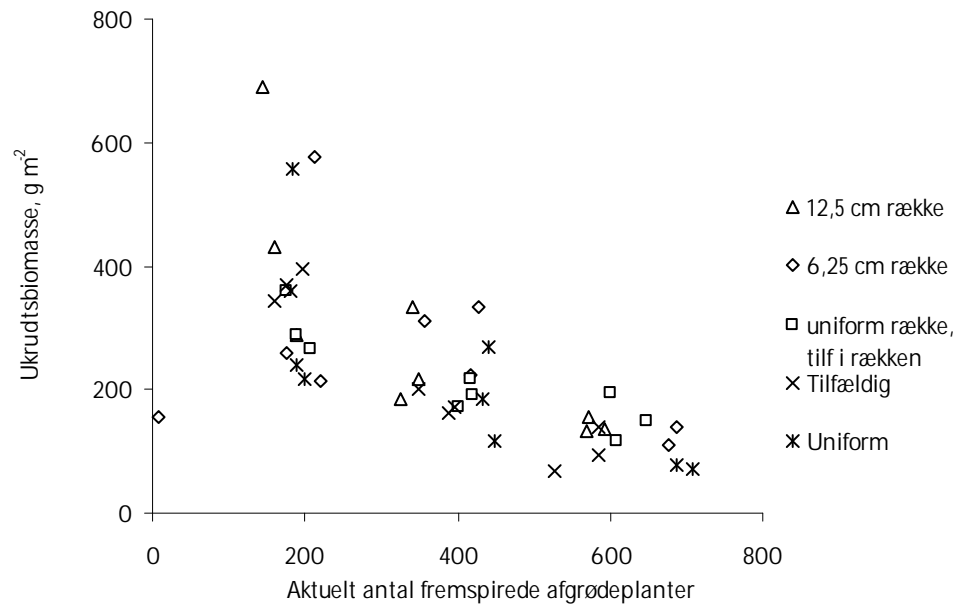
Figur 3.19. Sammenhæng mellem afgrødebiomasse og det aktuelle antal fremspirede afgrødeplanter i vinterhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand; 6,25 cm rækkeafstand; Uniform rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken; tilfældigt mønster samt uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m⁻².

3.1.4.4 Ukrudtsbiomasse

Figur 3.20 og figur 3.21 viser ukrudtsbiomassen for de fem afgrødemønstre ved henholdsvis de 3 planlagte udsædsmængder og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter. Ukrudtsbiomassen faldt signifikant med afgrødetætheden, både fra 196 til 441 planter m^{-2} ($P < 0,0001$) og fra 441 til 729 planter m^{-2} ($P < 0,0001$). Ved sammenligninger af ukrudtsbiomassen ved samme afgrødetæthed var ukrudtsbiomassen af samme størrelsesorden for alle afgrødemønstrene. Undtagelse er høj afgrødetæthed, hvor ukrudtsbiomassen for det uniforme mønster var af samme størrelsesorden som det tilfældige mønster, men signifikant lavere end de øvrige afgrødemønstre (fig. 3.20).



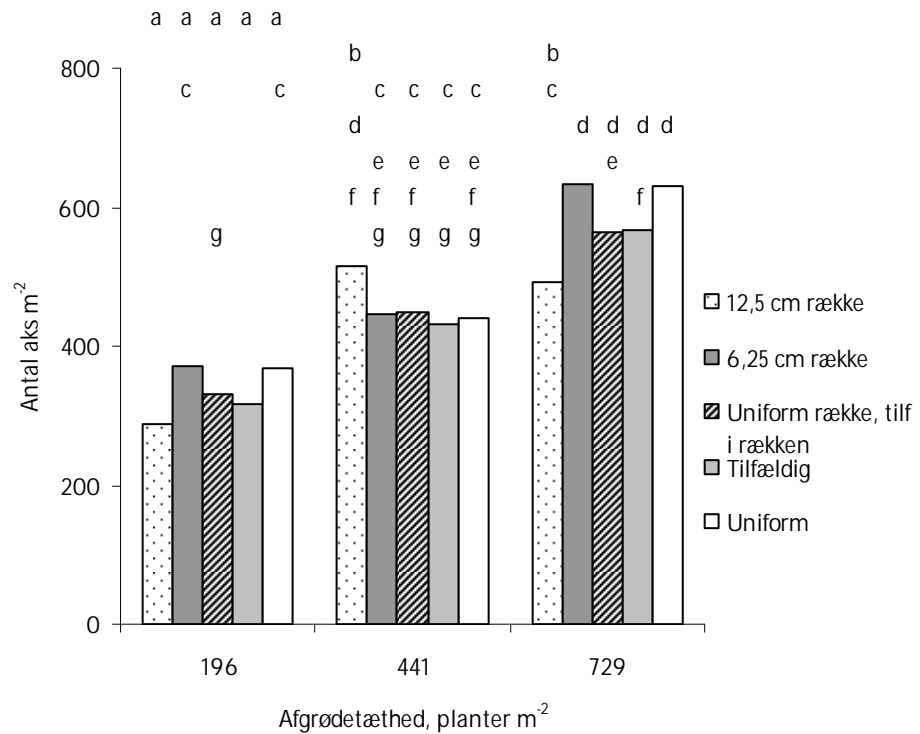
Figur 3.20. Ukrudtsbiomasse i vinterhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m^{-2}). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).



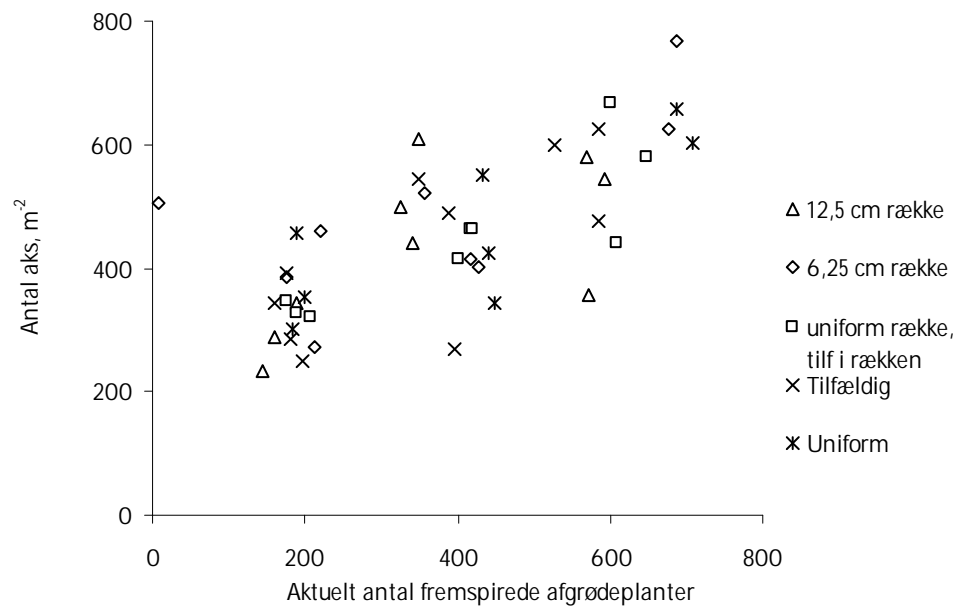
Figur 3.21. Sammenhæng mellem ukrudtsbiomasse og det aktuelle antal fremspirede afgrødeplanter i vinterhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m^{-2} .

3.1.4.5 Antal aks

Figur 3.22 og figur 3.23 viser antal aks for de fem afgrødemønstre ved henholdsvis de 3 planlagte udsædsmængder og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter. Antallet af aks steg med afgrødetætheden (tabel 3.10). Der var en klar effekt på antallet af aks af at øge afgrødetætheden både fra 196 til 441 planter m^{-2} ($P=0,0001$) og fra 441 til 729 planter m^{-2} ($P=0,0002$). Ved lav afgrødetæthed var antallet af aks af samme størrelsesorden for alle afgrødemønstrene. Ved medium tæthed var antallet af aks signifikant 19 % højere ved 12,5 cm rækkeafstand end i det tilfældige mønster. Ved høj afgrødetæthed var der signifikant færre aks ved 12,5 cm rækkeafstand end i de øvrige afgrødemønstre, hvor antallet af aks var af samme størrelsesorden (fig. 3.22).



Figur 3.22. Antal aks i vinterhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

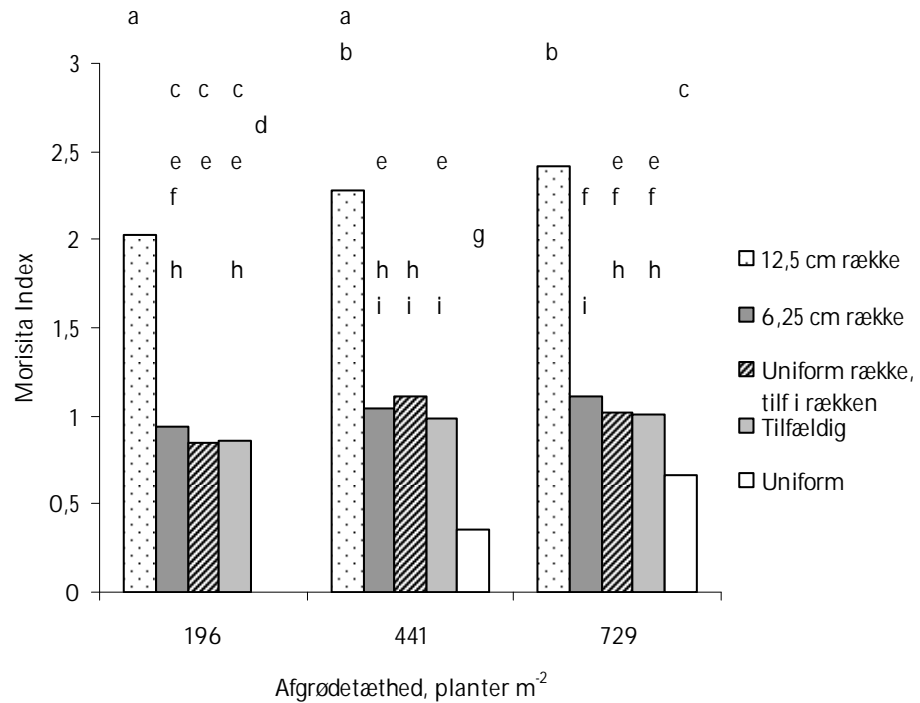


Figur 3.23. Sammenhæng mellem antal aks og det aktuelle antal fremspirede afgrødeplanter i vinterhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m⁻².

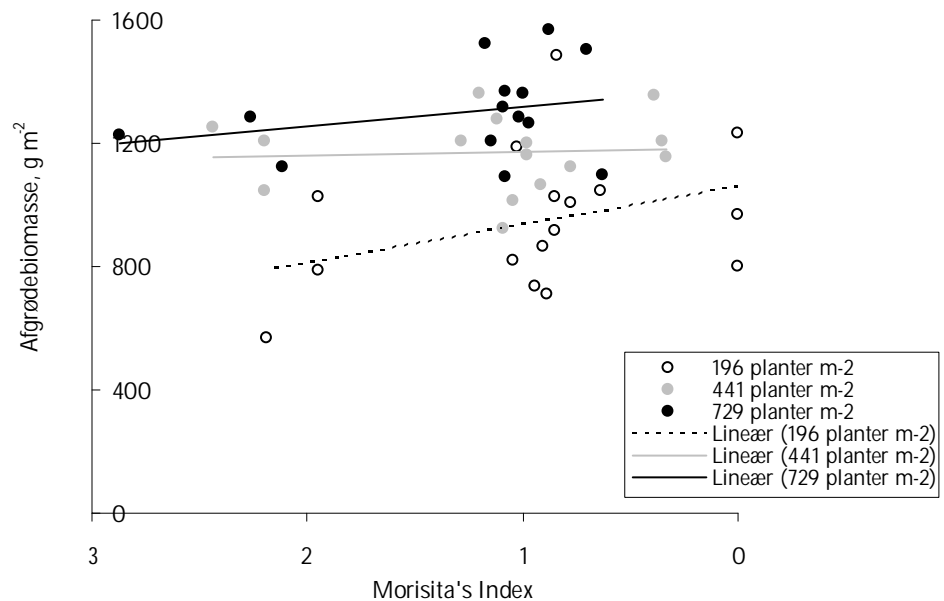
3.1.4.6 Morisita Index

Figur 3.24 viser Morisita's Index for de 5 afgrødemønstre ved de 3 planlagte udsædsmængder og figur 3.25 og figur 3.26 viser sammenhængen mellem det aktuelle Morisita's Index for afgrøden og henholdsvis afgrødebiomasse og

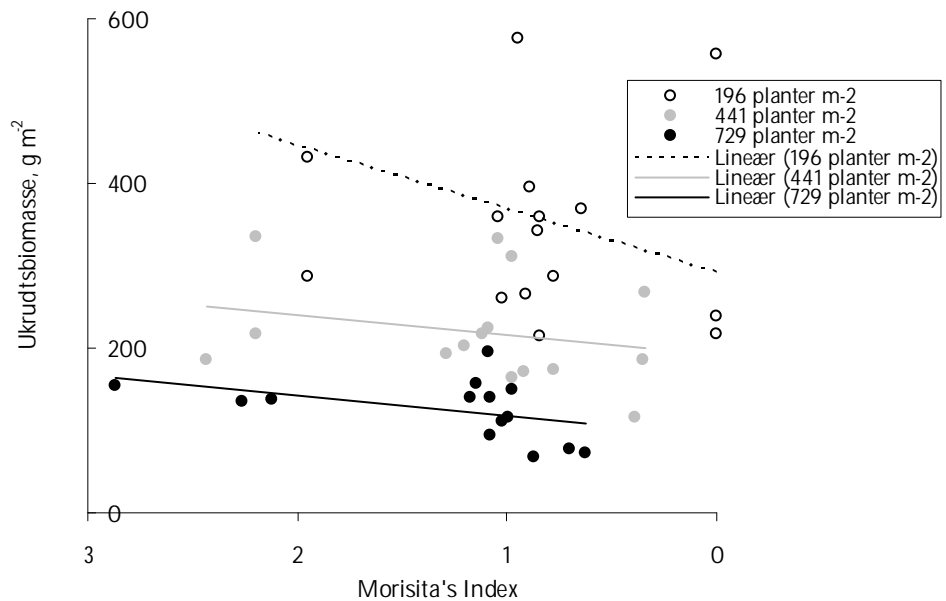
ukrudtsbiomasse. Mønstrer med 12,5 cm rækkeafstand havde det højeste Morisita Index ved alle afgrødetætheder. Morisita's Index ændrede sig ikke med afgrødetætheden for 2 af afgrødemønstrene: Mønstrer med 6,25 cm rækkeafstand og det tilfældige mønster. For det uniforme mønster steg index'et både fra 196 planter m⁻² til 441 m⁻² og fra 441 til 729 planter m⁻².



Figur 3.24. Morisita Index i vinterhvede 2008 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).



Figur 3.25. Sammenhæng mellem afgrødebiomasse og det aktuelle Morisita Index (af afgrøden) i vinterhvede 2008. $y_{196} = -122x + 1062$ ($P=0,179$); $y_{441} = -9,94x + 1181$ ($P=0,851$); $y_{729} = -65,9x + 1386$ ($P=0,330$). Planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m⁻².



Figur 3.26. Sammenhæng mellem ukrudtsbiomasse og det aktuelle Morisita Index (af afgrøden) i vinterhvede 2008. $y_{196} = 77,2x + 294$ ($P=0,165$); $y_{441} = 24,4x + 191,5$ ($P=0,377$); $y_{729} = 24,4x + 92,8$ ($P=0,124$). Planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m^{-2} .

3.1.5 Vårhvede 2009

3.1.5.1 Fremspiring

Ukrudt

Antal fremspirede ukrudtsplanter blev opgjort den 7. maj 2009. På dette tidspunkt var det stort set kun naturligt forekommende ukrudt, der var spiret frem. Der var nogle meget små ukrudtsplanter, der sandsynligvis har været det ukrudt, som blev sæt den 8. april. Gennemsnitligt var der fremspiret 143 planter m^{-2} (169, 139 og 122 i henholdsvis blok A, B og C). Den dominerende ukrudtsart var Hvidmelet Gåsefod. Desuden fandtes kløver, Bleg Pileurt og i blok C lidt flere Ager-Kål end i blok A og B.

Hvede

Den gennemsnitlige fremspiringsprocent i forhold til den planlagte udsædsmængde blev opgjort den 22. april 2009 til 90 %. Den gennemsnitlige fremspiring var lavest i 12,5 cm række (85 %) og højest i det uniforme mønster (92 %).

3.1.5.2 Analyse af data

Rådata for forsøget kan ses i bilag C. Tabel 3.12 viser resultatet af variansanalyserne for afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse, antal aks og Morisita's Index og tabel 3.13 viser parvise sammenligninger af afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse, antal aks og Morisita's Index.

Tabel 3.12. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser i vårhvede 2009 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m^{-2}). Interaktioner med p-værdier $> 0,1$ er successivt fjernet fra analyserne. Data er analyseret i SAS (mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Transformationer: Ukrudt: log-transformeret.

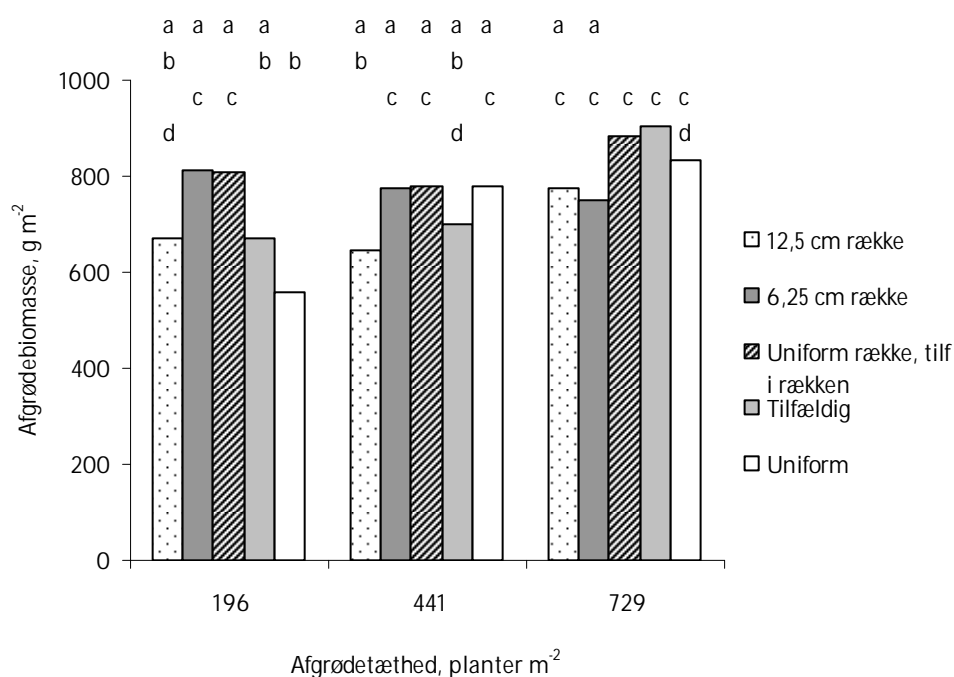
Effekt	Afgrødebiomasse	Ukrudtsbiomasse	Antal aks	Morisita Index
Tæthed (T)	0,0156	<0,0001	<0,0001	0,9338
Mønster (M)	0,1903	0,8147	0,0916	<0,0001
T x M			0,0083	0,0655

Tabel 3.13. Parvise sammenligninger af afgrødemønstrene for ukrudtsbiomasse, afgrødebiomasse, antal aks og Morisita Index i vårhvede 2009. Forklaring på afgrødemønstre: Se f.eks figur 3.26.

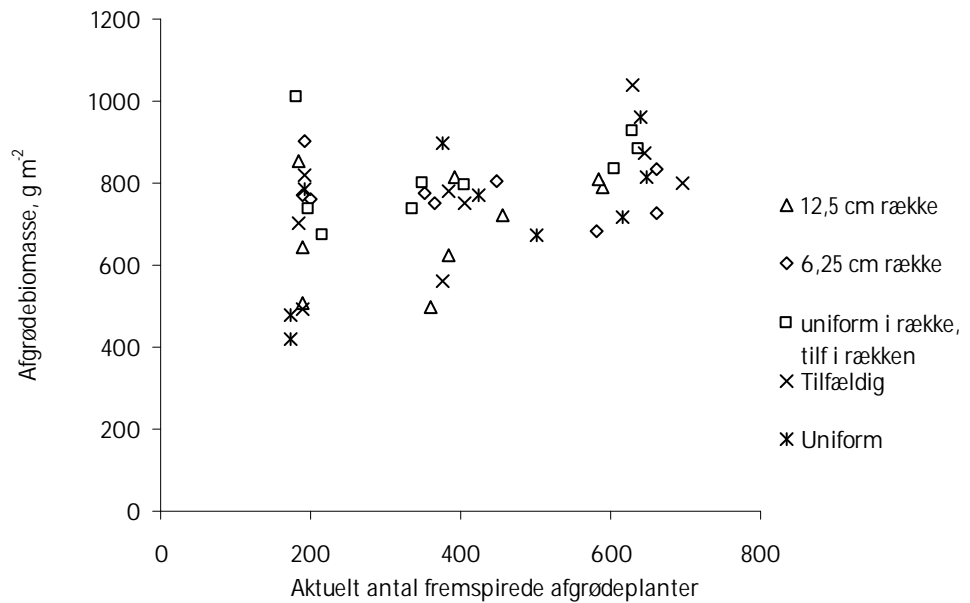
Mønster	Mønster	Ukrudtsbiomasse P	Afgrødebiomasse P	Aks P	Morisita's Index P
Uniform	Tilfældig	0,6659	0,4983	0,2338	< 0,0001
Uniform	Uni-række	0,8008	0,0642	0,7347	< 0,0001
Uniform	Række (12,5)	0,4048	0,5936	0,1215	< 0,0001
Tilfældig	Uni-række	0,4951	0,2250	0,3892	0,9015
Tilfældig	Række (12,5)	0,6854	0,2305	0,0088	< 0,0001
Uni-række	Række (12,5)	0,2803	0,0200	0,0626	< 0,0001
Uniform	Række (6,25)	0,8981	0,2887	0,5478	< 0,0001
Tilfældig	Række (6,25)	0,7610	0,6956	0,5478	0,8667
Uni-række	Række (6,25)	0,7039	0,4050	0,7920	0,7707
Række (12,5)	Række (6,25)	0,4796	0,1162	0,0358	< 0,0001

3.1.5.3 Afgrødebiomasse

Figur 3.27 og figur 3.28 viser afgrødebiomassen for de fem afgrødemønstre ved henholdsvis de 3 planlagte udsædsmængder og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter. Tabel 3.12 viser, at der kun var effekt af tæthed på afgrødebiomassen. Der var ingen effekt på afgrødebiomassen ved at øge afgrødetætheden fra 196 til 441 planter m^{-2} ($P=0,45$), men en signifikant højere afgrødebiomasse ved at øge tætheden fra 441 til 729 planter m^{-2} ($P=0,035$). Ved den lave afgrødetæthed fandtes den laveste afgrødebiomasse i det uniforme mønster. Det var signifikant og 31 % lavere end både 6,25 cm rækkeafstand og mønstret med uniform rækkeafstand og tilfældig fordeling af planter inden for rækken. Ved de to øvrige afgrødetætheder sås ingen forskelle på afgrødebiomassen imellem de enkelte afgrødemønstre.



Figur 3.27. Afgrødebiomasse i vårhvede 2009 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m^{-2}). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

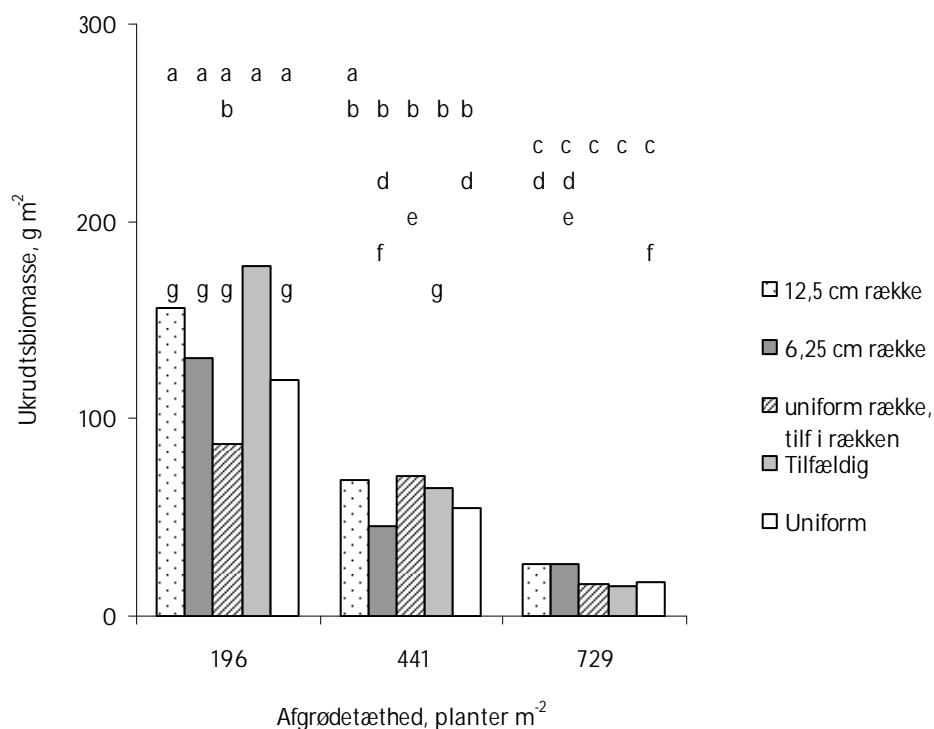


Figur 3.28. Sammenhæng mellem afgrødebiomasse og det aktuelle antal fremspirede afgrødeplanter i vårhvede 2009 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m⁻².

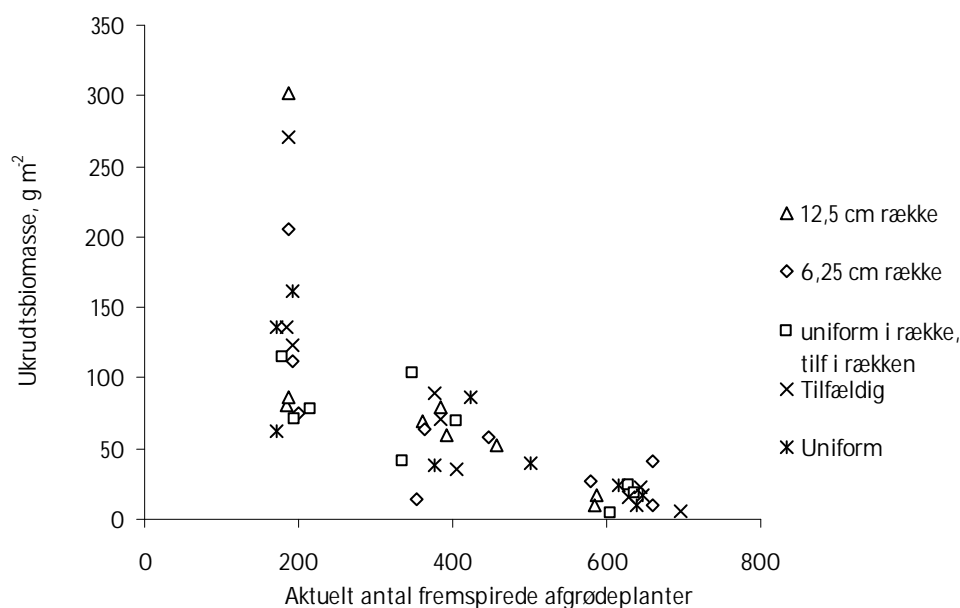
3.1.5.4 Ukrudtsbiomasse

Figur 3.29 og figur 3.30 viser ukrudtsbiomassen for de fem afgrødemønstre ved henholdsvis de 3 planlagte udsædsmængder og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter. Tabel 3.12 viser, at der kun var effekt af tæthed på ukrudtsbiomassen.

For ukrudtsbiomassen var der en klar effekt af at øge afgrødetætheden både fra 196 til 441 planter m⁻² ($P=0,0007$) og fra 441 til 729 planter m⁻² ($P<0,0001$). Der var ingen forskel på ukrudtsbiomassen for nogen af mønstrene ved den samme afgrødetæthed.



Figur 3.29. Ukrudtsbiomasse i vårhvede 2009 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).

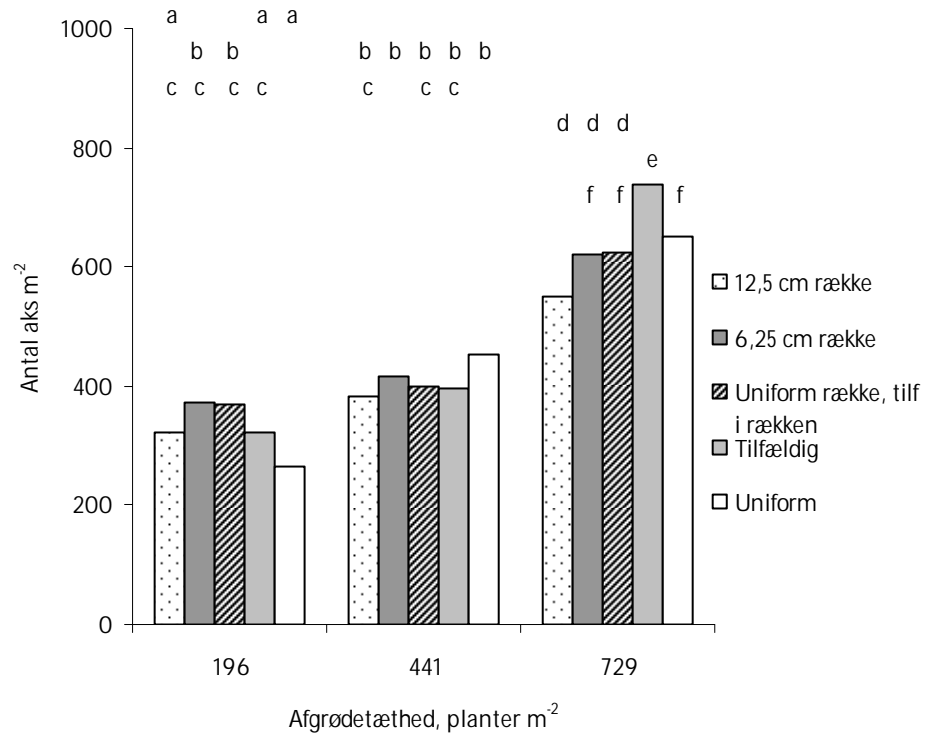


Figur 3.30. Sammenhæng mellem ukrudtsbiomasse og det aktuelle antal fremspirede afgrødeplanter i vårhvede 2009 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m⁻².

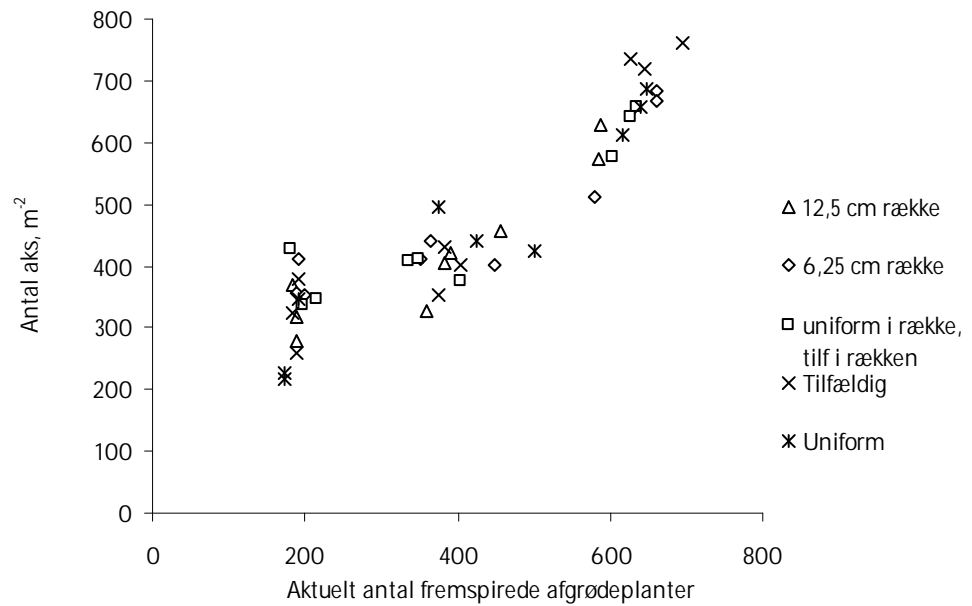
3.1.5.5 Antal aks

Figur 3.31 og figur 3.32 viser antal aks for de fem afgrødemønstre ved henholdsvis de 3 planlagte udsædsmængder og det aktuelle antal fremspirede hvedeplanter. Tabel 3.12 viser, at der var effekt af afgrødetæthed samt

vekselvirkning mellem afgrødetæthed og afgrødemønster på antal aks. Antallet af aks steg med afgrødetætheden. For alle afgrødemønstrene var dette dog kun signifikant ved at øge tætheden fra 441 til 721 planter m^{-2} . Fra 196 til 441 planter m^{-2} var der kun signifikant flere aks ved 441 planter m^{-2} i forhold til 196 planter m^{-2} for det uniforme mønster. Ved den høje afgrødetæthed var antallet af aks 18 % højere i det uniforme mønster og 34 % højere i det tilfældige mønster end ved 12,5 cm rækkeafstand. Der var 13 % flere aks i det tilfældige mønster end i det uniforme mønster.



Figur 3.31. Antal aks i vårhvede 2009 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m^{-2}). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

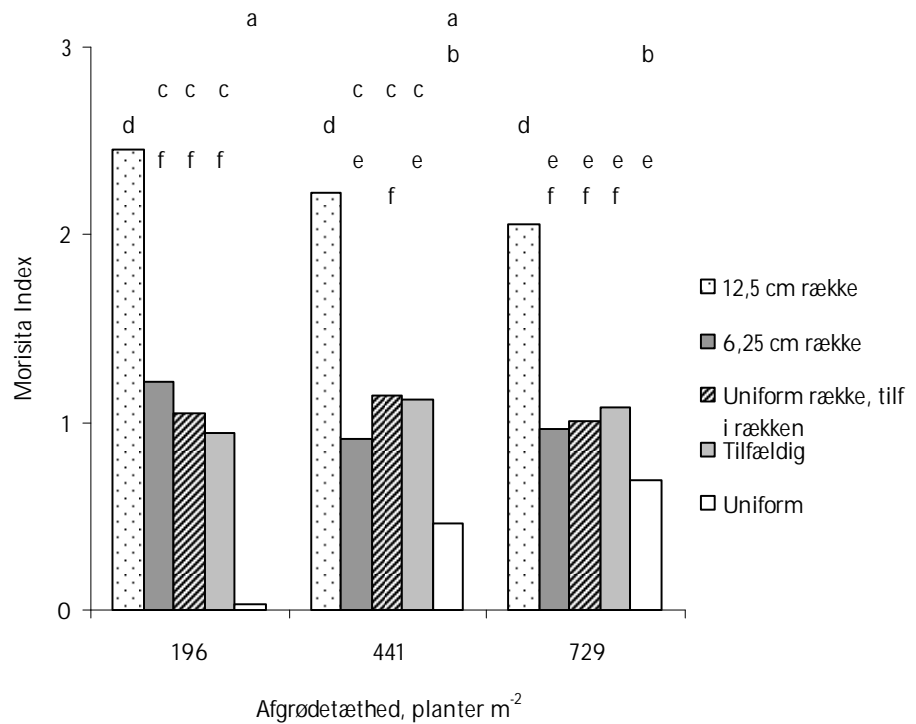


Figur 3.32. Sammenhæng mellem antal aks og det aktuelle antal fremspirede afgrødeplanter i vårhvede 2009 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m².

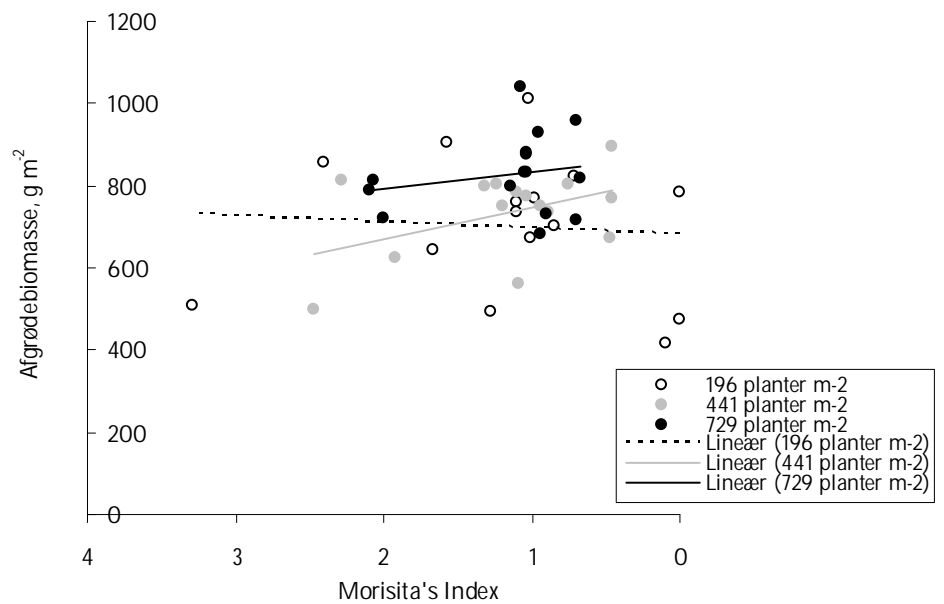
3.1.5.6 Morisita Index

Figur 3.33 viser Morisita's Index for de 5 afgrødemønstre ved de 3 planlagte udsædsmængder og figur 3.34 og figur 3.35 viser sammenhængen mellem det aktuelle Morisita's Index for afgrøden og henholdsvis afgrødebiomasse og ukrudtsbiomasse.

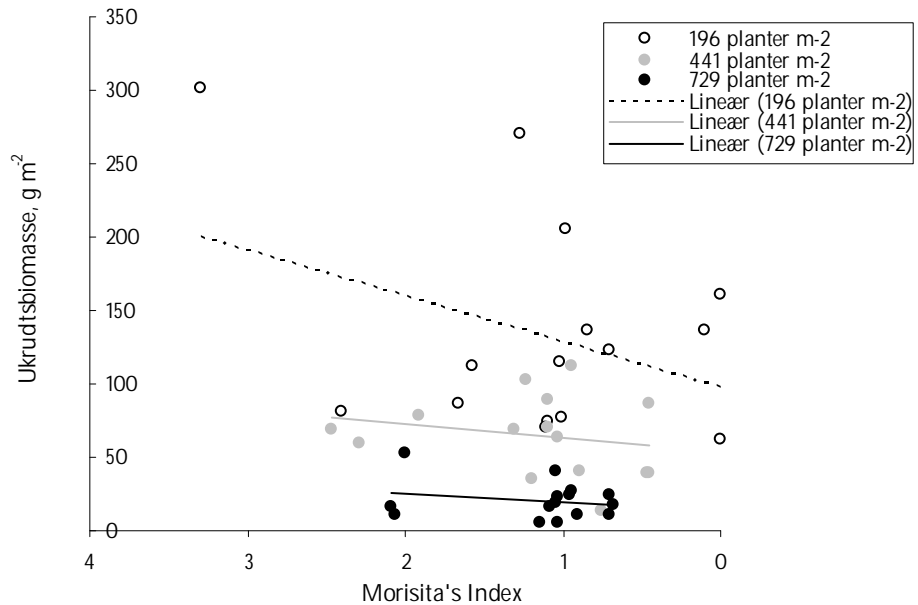
Mønstret med 12,5 cm rækkeafstand havde det højeste Morisita Index ved alle afgrødetætheder. Morisita's Index ændrede sig ikke med afgrødetætheden for 3 af afgrødemønstrene: Mønstret med 6,25 cm rækkeafstand, mønstret med uniform rækkeafstand og tilfældig fordeling af planter inden for rækken og det tilfældige mønster. For det uniforme mønster steg index'et fra 196 planter m⁻² til 440 m⁻², men ikke signifikant fra 440 til 721 planter m⁻².



Figur 3.33. Morisita Index i vårhvede 2009 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster) og 3 afgrødetætheder (196, 441 og 729 planter m⁻²). Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).



Figur 3.34. Sammenhæng mellem afgrødebiomasse og det aktuelle Morisita Index (af afgrøden) i vårhvede 2009 for 5 afgrødemønstre (12,5 cm rækkeafstand, 6,25 cm rækkeafstand, uniform mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken, tilfældigt mønster og uniformt mønster). De planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m⁻².



Figur 3.35. Sammenhæng mellem ukrudtsbiomasse og det aktuelle Morisita Index (af afgrøden) i vårhvede 2009. $y_{196} = 31x + 99$ ($P=0,173$); $y_{441} = 9,12x + 53,9$ ($P=0,401$); $y_{729} = 5,95x + 13,2$ ($P=0,424$). Planlagte afgrødetætheder var 196, 441 og 729 planter m^{-2} .

3.1.6 Sammenfatning af resultater

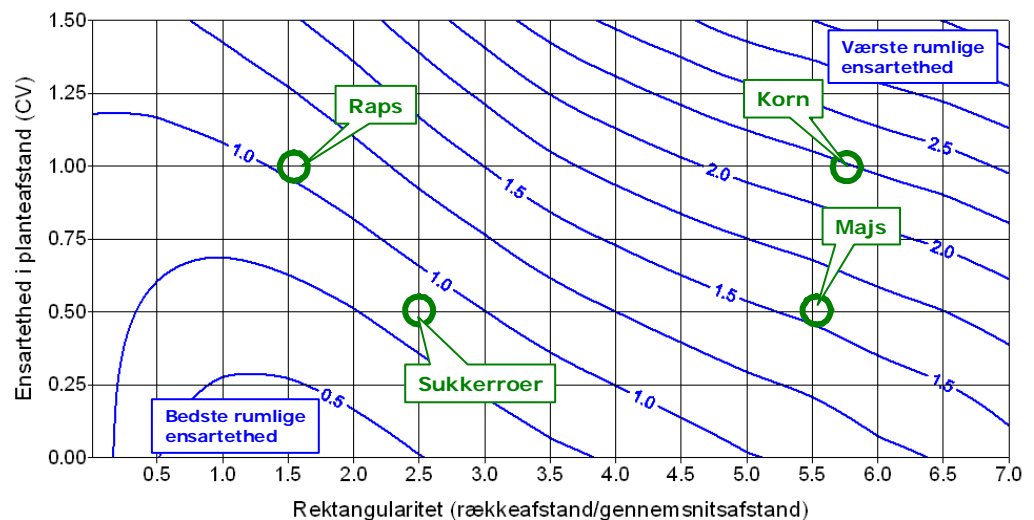
Især foråret 2008, men til dels også foråret 2009 var meget tørt. Forsøget i vårhvede 2008 så ud til at lide under tørken på trods af, at forsøget blev vandet tre gange ~ 10 mm vand per gang. Vandmangel påvirker hele plantesamfundet i marken, d.v.s afgrøde- og ukrudtsvækst og deres interaktion. I alle 3 vårhvedeforsøg var der en klar effekt af afgrødetæthed på både afgrøde- og ukrudtsbiomasse. I 2007 var der effekt af mønster på både afgrøde- og ukrudtsbiomasse, men i de tørre år 2008 og 2009 var der ingen effekt af afgrødemønster på hverken afgrøde- eller ukrudtsbiomassen. Den gennemsnitlige afgrødebiomasse var højere i 2008 og i 2009 i forhold til 2007 og ukrudtsbiomassen var gennemsnitligt lavere i 2008 og 2009 i forhold til 2007. Parvise sammenligninger af de forskellige afgrødemønstre i 2007 viste, at der i de fleste tilfælde var forskel i ukrudtsbiomassen med få undtagelser. Undtagelserne herfra var sammenligning af 1) uniformt og tilfældigt mønster ($P=0,43$) og 2) mønstret med uniform rækkeafstand og tilfældig fordeling af planter inden for rækken og mønstret med uniform rækkeafstand og et Morisita Index \sim tilfældigt mønster ($P=0,98$). To andre sammenligninger var kun svagt signifikant forskellige ($P=0,07$; tabel 3.2).

Det enkelte forsøg i vinterhvede viste effekt af afgrødetæthed på både afgrøde- og ukrudtsbiomassen og effekt af mønster på ukrudtsbiomassen. Der var ingen effekt af mønster på afgrødebiomassen, og ingen af de parvise sammenligninger af de forskellige afgrødemønstre viste effekt på afgrødebiomassen. Vinterhvedeforsøget så ikke ud til at lide af vandmangel i foråret 2009 på samme måde som vårhvedeforsøgene gjorde, og det var da også i dette forsøg, der blev fundet den højeste biomasse af både afgrøde og ukrudt. Til gengæld blev der ikke fundet nogen mønstereffekt på afgrødebiomassen, hvilket var forventet.

3.2 Del II: Rumlige analyser

Resultatet af de rumlige analyser kan ses i figur 3.36. Figuren viser Morisita's Index I_2 som en funktion af CV og rektangularet. Som det fremgår af figuren, så varierer Morisita's index meget afhængig af CV og rektangularet. Den laveste rumlige uniformitet opnås ved høje værdier af både CV og rektangularet (øverste højre hjørne i figuren). Dette forekommer når rækkeafstanden er stor samtidig med at fordelingen af planter inden for rækken er meget uens. Den højeste rumlige uniformitet opnås ved en kombination af en rektangularet på 1 og et lavt CV tæt på 0, hvilket skaber et "grid-lignende" mønster.

Beliggenheden af 4 forskellige afgrøder, sået ved standardpraksis for de pågældende arter, er vist på figur 3.36.



Figur 3.36. Morisita's Index of Dispersion (I) udtrykt som et mål for den rumlige uniformitet (ensartethed). Beliggenheden af 4 forskellige afgrøder, sået ved standardpraksis for de pågældende arter, er vist på figuren.

For kornafgrøder er fordelingen af planter inden for rækken typisk tilfældig med et CV på 1, en rektangularet på omkring 6 (ved en rækkeafstand på 12 cm og 400 planter m^{-2}) og et Morisita Index på 2,25. Resultaterne viser, at små forbedringer af fordelingen af planterne inden for rækken (lavere CV) eller en lille reduktion i rækkeafstanden, ikke giver væsentlige forbedringer i den rumlige uniformitet. Med standard såteknologi (CV = 1) skal rækkeafstanden reduceres til 4 cm (rektangularet = 1) for at opnå en betydelig ændring af uniformitetsindex'et ($I = 1,00$).

Raps har som kornafgrøder en tilfældig placering af planter inden for rækken (CV = 1) og en rektangularet på omkring 1,4 (ved en rækkeafstand på 12 cm og 100 planter m^{-2}). Uniformitetsgraden er lidt dårligere end ved et tilfældigt mønster ($I=1,05$). Den bedste metode til at forbedre uniformiteten for raps vil være ved anvendelse af præcisionssåning, som vil give en mere ensartet fordeling af planter inden for rækken (CV = 0,5) og en forøget uniformitetsgrad ($I = 0,6$).

Majs har typisk en afstandsfordeling inden for rækken med CV på 0,5 og en rektangularet på omkring 5,5 (ved en rækkeafstand på 75 cm og 10 planter m^{-2}). Det lavere CV for majs i forhold til korn skyldes at præcisionssåning er mere almindeligt for majs end for korn. Dette forbedrer uniformitetsgraden ($I=1,5$). På grund af den bedre fordeling af planter inden for rækken, har majs

en højere uniformitetsgrad end korn, men stadig dårligere end et tilfældigt mønster. Uniformitetsgraden kan forbedres ved at reducere rækkeafstanden. Reduceres rækkeafstanden f. eks. til 32 cm (rektangulæritet = 1) vil uniformitetsgraden kunne forbedres til 0,6.

Sukkerroer har en afstandsfordeling svarende til majs ($CV = 0,5$), men en rektangulæritet på omkring 2,5 (ved en rækkeafstand på 50 cm og 10 planter m^{-2}). Som for majs resulterer præcisionssåning for sukkerroer i et lavere CV (0,5) og et mere ensartet mønster ($I = 0,8$). Da præcisionssåning allerede er standard, vil forbedringer i uniformitetsgraden bedst kunne opnås ved at reducere rækkeafstanden. Reduceres rækkeafstanden her til 32 cm (rektangulæritet = 1) vil det resultere i en lidt forøget uniformitetsgrad ($I = 0,6$).

3.3 Del III: Markforsøg i stor skala

3.3.1 Vinterhvede 2007

I dette forsøg var der problemer med det ene afgrødemønster. Som det kan ses af figur 3.37, ser det ud til, at der er striber på skrå for mønstret med 4 cm rækkeafstand. En mulig forklaring på dette kunne være, at kernerne er kommet ud af såskærene i "pulser", og/eller at det lufttryk, der skal blæse kernerne fra kornkammeret ud til såskærene, ikke har været konstant. Umiddelbart inden såning blev en hydraulisk motor udskiftet, da der var problemer med lufttrykket, men ud fra mønstret at dømme, så det ud til, at der stadig var nogle tekniske problemer med såmaskinen. Problemet viste sig efterfølgende at handle om for lav kørehastighed.



Figur 3.37. Oversigtsbillede af 4 cm rækkeafstand 722 planter m^{-2} . Billede er taget 21. november 2007.

3.3.1.1 Fremspiring

Rådata for forsøget kan findes i bilag C. Fremspiringsprocent af hvede i forhold til planlagt udsædsmængde samt foreløbigt antal ukrudtsplanter m^{-2} blev opgjort 5. november 2007 (tabel 3.14).

Tabel 3.14. Fremspiring af hvede og ukrudt den 5. november 2007.

Afrødemønster	Afrødetæthed (planter m^{-2})	Fremspiringsprocent i forhold til planlagt		Antal ukrudtsplanter m^{-2}	
		Konventionel	Økologisk	Konventionel	Økologisk
12,8 cm række	356	26	68	105	191
12,8 cm række	722	18	62	71	176
4 cm række	356	14	109	119	340
4 cm række	722	11	81	112	308
uniform	356	10	89	105	156
uniform	722	21	82	119	287

Konventionel lokalitet

På den konventionelle lokalitet var den gennemsnitlige fremspiringsprocent for hvede på kun 18 %. Her er anvendt samme konventionelle såsæd som i vinterhvedeforsøget 2007 i lille skala, hvor fremspiringsprocenten var tilsvarende lav. Der var gennemsnitligt 105 planter ukrudtsplanter m^{-2} . Status for forsøget ved udgangen af 2007 var at forsætte forsøget som planlagt, vel vidende at resultaterne fra forsøget muligvis ikke ville kunne bruges. Data vil ikke blive behandlet yderligere i denne rapport, dels på grund af den lave fremspiring dels på grund af, at det ene afrødemønster mislykkedes. På trods af den lave fremspiring blev udbyttet (som et gennemsnit af de 3 afrødemønstre ved 15 % vandindhold) gennemsnitligt på 7,5 t/ha og 8,9 t/ha uden herbicidbehandling ved de planlagte afrødetætheder på henholdsvis 356 planter m^{-2} og 721 planter m^{-2} og på 8,5 t/ha og 9,1 t/ha med herbicidbehandling ved henholdsvis 356 planter m^{-2} og 721 planter m^{-2} .

Økologisk lokalitet

På den økologiske lokalitet var den gennemsnitlige fremspiringsprocent for hvede 82 %. Som det fremgår af tabellen, tyder det på, at såmaskinen med 4 cm rækkeafstand ved den lave afrødetæthed ikke har været indstillet korrekt, da fremspiringsprocenten er over 100 %.

Det gennemsnitlige antal ukrudtsplanter var på 243 planter m^{-2} .

På figur 3.38 og 3.39 ses tydelige forskelle i fremspiring af hvede på den økologiske og den konventionelle lokalitet.



4 cm rækkeafstand 356 og 722 planter m^{-2}



12,8 cm rækkeafstand 356 og 722 planter m^{-2}



Uniformt mønster 356 og 722 planter m^{-2}

Figur 3.38. Økologisk lokalitet. 4 cm rækkeafstand, 12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster ved 356 og 722 planter m^{-2} . Billeder er taget 8. november 2007.



4 cm rækker 356 og 722 planter m^{-2}



12,8 cm rækkeafstand 356 og 722 planter m^{-2}



Uniformt mønster 356 og 722 planter m²

Figur 3.39. Konventionel lokalitet. 4 cm rækkeafstand, 12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster ved henholdsvis 356 og 722 planter m². Billeder er taget 13. november 2007.

3.3.1.2 Økologisk lokalitet

Analyse af data

Da mønstret med 4 cm rækkeafstand mislykkedes på grund af ovennævnte problemer med for lav kørehastighed, er dette mønster ikke med i analyserne, men rådata kan findes i appendix C.

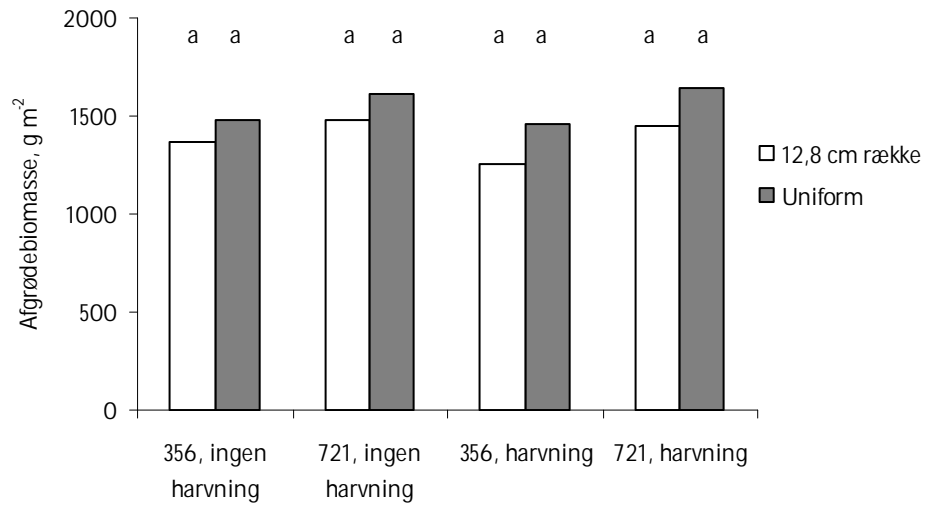
Analyse af data, hvor 4 cm rækkeafstand var ekskluderet af analyserne, viste effekt af afgrødetæthed på ukrudtsbiomasse, udbytte, kerner > 2,5 mm og antal aks, effekt af afgrødemønster på antal aks, effekt af harvning på ukrudtsbiomassen samt vekselvirkning mellem afgrødetæthed og afgrødemønster på antal aks (tabel 3.15).

Tabel 3.15. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser i vinterhvede 2007, økologisk lokalitet for 2 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²). Data er analyseret i SAS (mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Interaktioner med p-værdier > 0,1 er successivt fjernet fra analyserne.
Transformationer: Aks: aks²-transformation.

Effekt	Afgrøde- biomasse	Ukrudts- biomasse	Udbytte (15% vand)	Kerner > 2,5 mm	Antal aks	% N
Tæthed (T)	0,0770	0,0414	0,0005	0,0008	< 0,0001	0,8456
Mønster (M)	0,0630	0,2960	0,2724	0,2224	0,0027	0,8374
Harvning (H)	0,6934	0,0232	0,8731	0,9051	0,5407	0,7903
T x M					0,0716	

Afgrødebiomasse

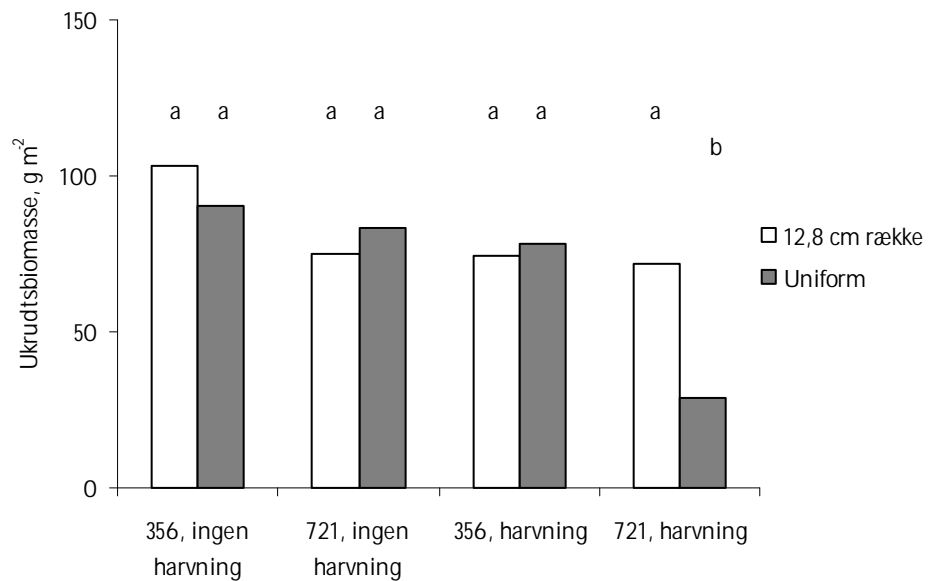
Figur 3.40 viser afgrødebiomassen for de 2 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var ingen effekt af hverken afgrødetæthed, afgrødemønster eller ukrudtsharvning på afgrødebiomassen (tabel 3.15).



Figur 3.40. Afgørødebiomasse for 2 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) i vinterhvede, økologisk lokalitet 2007 med og uden harvning. Der var ingen signifikante forskelle.

Ukrudtsbiomasse

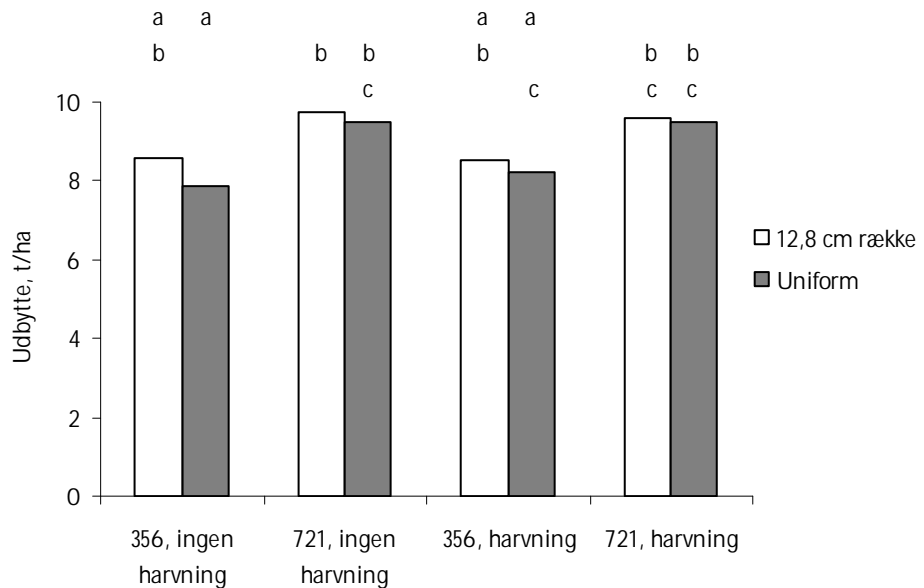
Figur 3.41 viser ukrudtsbiomassen for de 2 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetæthed og ukrudtsharvning på ukrudtsbiomassen (tabel 3.15). Ukrudtsbiomassen var 33 % lavere ved den høje afgrødetæthed i forhold til den lave afgrødetæthed. Ukrudtsharvning reducerede ukrudtsbiomassen med 28 % i forhold til ingen ukrudtsharvning. Den største effekt af ukrudtsharvning var i det uniforme mønster ved høj afgrødetæthed, hvor ukrudtsbiomassen var 59 % lavere end 12,8 cm rækkeafstand ved samme tæthed.



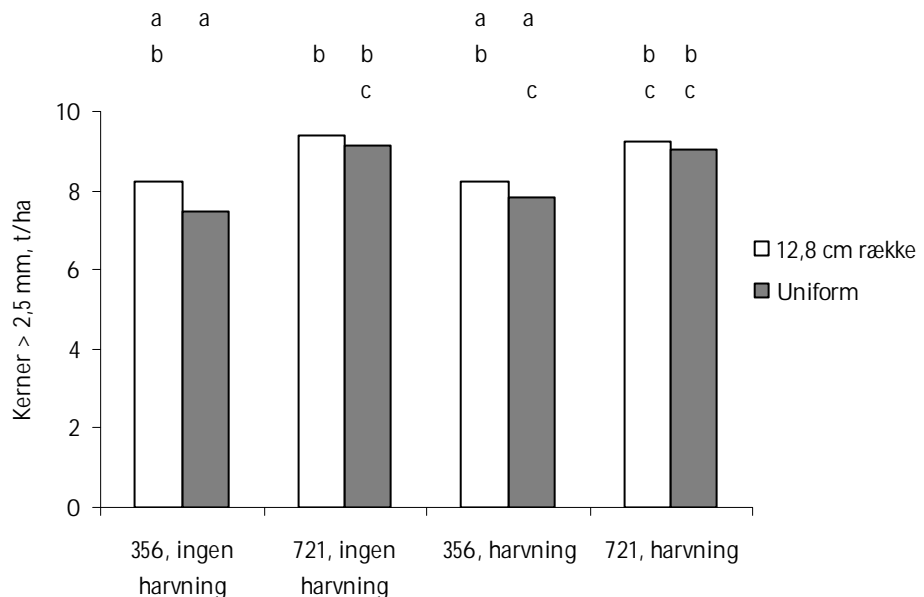
Figur 3.41. Ukrudtsbiomasse for 2 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) i vinterhvede, økologisk lokalitet 2007 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (P=0,05).

Udbytte

Figur 3.42 viser kerneudbyttet i t/ha og figur 3.43 viser udbyttet af kerner > 2,5 mm for de 2 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetæthed på både udbyttet og andelen af kerner > 2,5 mm (tabel 3.15). Både udbytte og andelen af kerner > 2,5 mm var 16 % højere ved den høje afgrødetæthed i forhold til den lave afgrødetæthed.



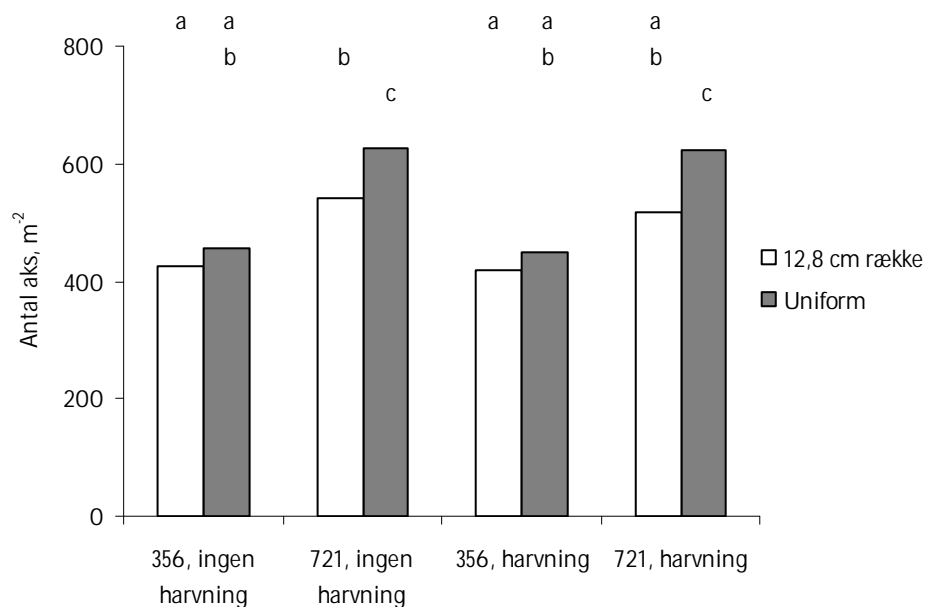
Figur 3.42. Kerneudbytte ved 15 % vandindhold for 2 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) i vinterhvede, økologisk lokalitet 2007 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (P=0,05).



Figur 3.43. Andel af kerner > 2,5 mm for 2 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) i vinterhvede, økologisk lokalitet 2007 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (P=0,05).

Antal aks

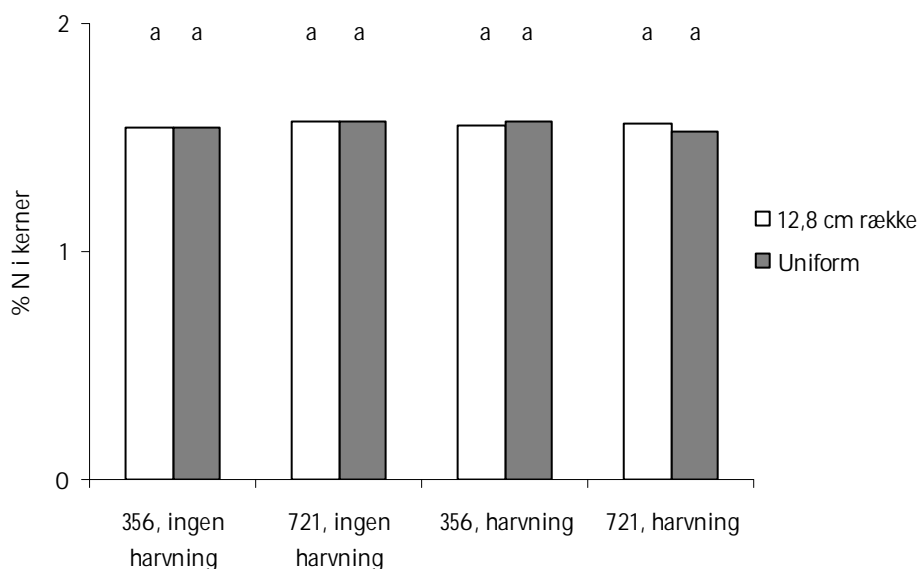
Figur 3.44 viser antallet af aks for de 2 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetæthed og afgrødemønster på antallet af aks (tabel 3.15). En forøgelse af afgrødetætheden resulterede i 32 % flere aks og der var 13 % flere aks i uniformt mønster end ved 12,8 cm rækkeafstand.



Figur 3.44. Antallet af aks for 2 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) i vinterhvede, økologisk lokalitet 2007 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (P=0,05).

N-indhold

Figur 3.45 viser N-indholdet i kerner for de 2 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var ingen effekt af hverken afgrødetæthed, afgrødemønster eller harvning på N-indholdet i kerner (tabel 3.15).



Figur 3.45. % N-indhold i kerner for 2 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) i vinterhvede, økologisk lokalitet 2007 med og uden harvning. Der var ingen signifikante forskelle.

3.3.2 Vårhvede 2008

3.3.2.1 Fremspiring

Rådata for forsøget kan findes i bilag C. Tabel 3.16 viser den procentvise fremspiring af hvede i forhold til den planlagte udsædsmængde for de enkelte mønstre og afgrødetætheder på begge lokaliteter. Det gennemsnitlige antal ukrudtsplanter var 1018 planter m⁻² på den økologiske lokalitet og 186 planter m⁻² på den konventionelle lokalitet.

På den økologiske lokalitet var den dominerende ukrudtsart Alm. Pengeurt. På den konventionelle lokalitet var de dominerende arter Hvidmelet Gåsefod, Kamille og Korn-Valmue. Af andre arter fandtes Alm. Spørgel, Fin Kløver, Rød Tvetand, Ærenpris, Ager-Stedmoderblomst og Mælkebøtte.

Tabel 3.16. Fremspiring af hvede (6. maj 2008) og ukrudt (6. maj økologisk lokalitet, 13. maj konventionel lokalitet).

Afgødemønster	Afgødetæthed (planter m ⁻²)	Fremspiringsprocent i forhold til planlagt		Antal ukrudtsplanter m ⁻²	
		Økologisk	Konventionel	Økologisk	Konventionel
12,8 cm række	356	70	69,3	909	220
12,8 cm række	722	63	55,6	897	121
4 cm række	356	75,3	74,9	959	253
4 cm række	722	63,3	68,7	879	147
uniform	356	77,5	82,8	1095	229
uniform	722	71,3	81,7	1367	143

3.3.2.2 Konventionel lokalitet

Analyse af data

Tabel 3.17 viser resultatet af variansanalyserne for afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse, udbytte ved 15 % vandindhold, kerneudbytte for kerner > 2,5 mm, antal aks og N-indhold i kerner.

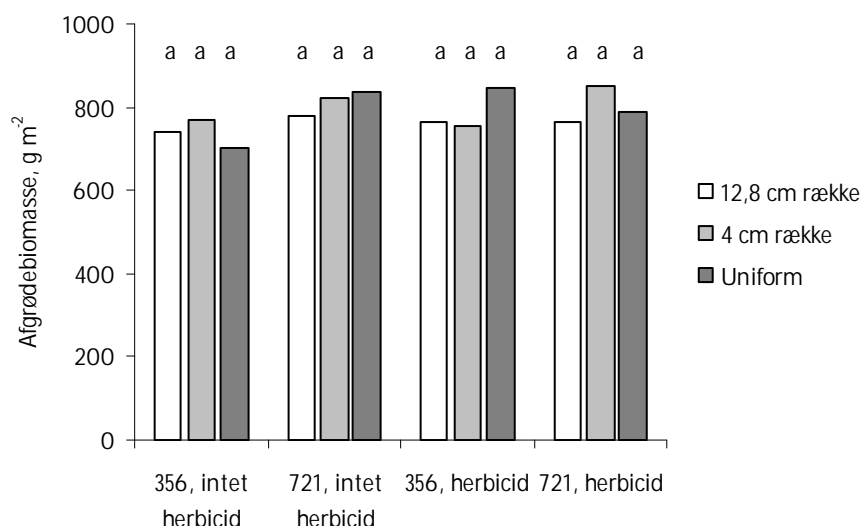
Analyse af data viste effekt af afgrødetæthed på ukrudtsbiomasse, udbytte, kerner > 2,5 mm, antal aks og N-indhold, effekt af mønster på ukrudtsbiomasse og antal aks, effekt af herbicidbehandling på ukrudtsbiomasse, udbytte, kerner > 2,5 mm og N-indhold samt vekselvirkning mellem tæthed og herbicidbehandling på N-indhold (jf. tabel 3.17).

Tabel 3.17. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser i vårhvede 2008, konventionel lokalitet for 3 afgødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgødetætheder (356 og 721 planter m⁻²). Data er analyseret i SAS (mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Interaktioner med p-værdier > 0,1 er successivt fjernet fra analyserne. Transformationer: Ukrudt: log-transformeret.

Effekt	Afgødebiomasse	Ukrudtsbiomasse	Udbytte (15% vand)	Kerner > 2,5 mm	Antal aks	% N
Tæthed (T)	0,1560	<0,0001	<0,0001	<0,0001	< 0,0001	0,0339
Mønster (M)	0,5850	0,0073	0,2682	0,3583	0,0311	0,4206
Herbicid (H)	0,5325	<0,0001	0,0096	0,0205	0,2190	<0,0001
T x H						0,0330

Afgødebiomasse

Figur 3.46 viser afgrødebiomassen for de 3 afgødemønstre og 2 afgødetætheder. Der var ingen effekt af hverken afgødemønster, afgødetæthed eller herbicidbehandling på afgrødebiomassen (tabel 3.17).



Figur 3.46. Afgørdebiomasse for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) i vårhvede, konventionel lokalitet 2008 med og uden herbicidbehandling. Der var ingen signifikante forskelle.

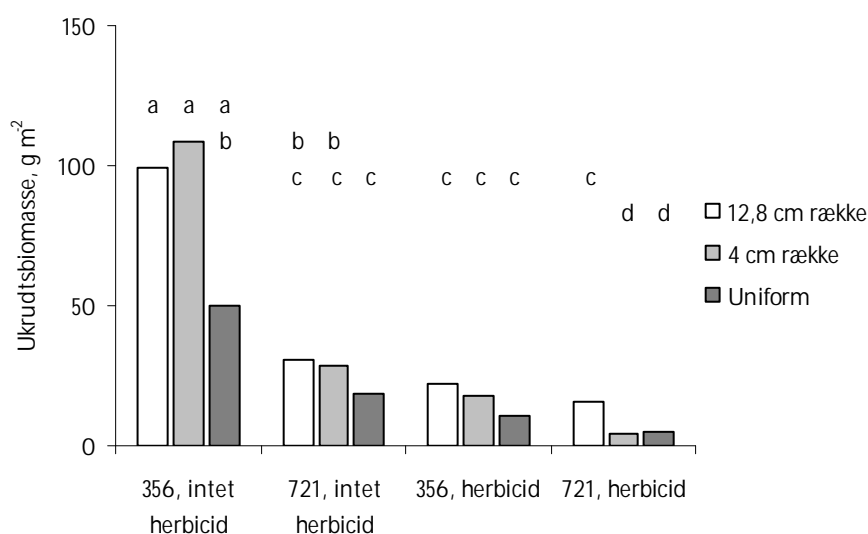
Ukrudtsbiomasse

Figur 3.47 viser ukrudtsbiomassen for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødemønstre, afgrødetæthed og herbicidbehandling på ukrudtsbiomassen (tabel 3.17).

Ukrudtsbiomassen var gennemsnitligt henholdsvis 90 % og 99 % højere i 4 cm og 12,8 cm rækkeafstand i forhold til uniformt mønster.

Forskellen på ukrudtsbiomassen ved medium og høj afgrødetæthed var for de herbicidbehandlede parceller gennemsnitligt 102 % højere og for de ikke herbicidbehandlede parceller 231 % højere.

Ukrudtsbiomassen ved den høje afgrødetæthed uden herbicidbehandling og den lave afgrødetæthed med herbicidbehandling var af samme størrelsesorden (figur 3.47).

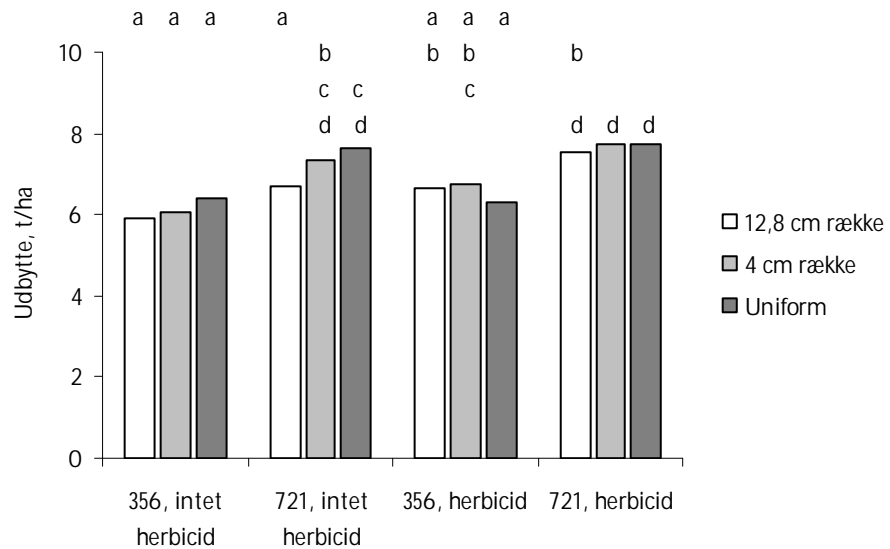


Figur 3.47. Ukrudtsbiomasse for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) i vårhvede, konventionel lokalitet 2008 med og uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

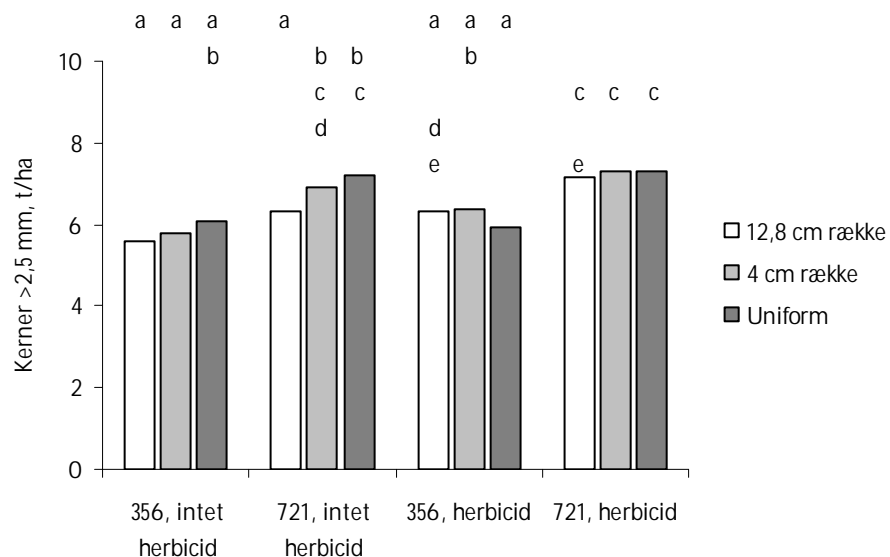
Udbytte

Figur 3.48 viser kerneudbyttet i t/ha og figur 3.49 viser udbyttet af kerner > 2,5 mm for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetæthed og herbicidbehandling på både kerneudbyttet og udbyttet af kerner > 2,5 mm, men ingen mønstereffekt (tabel 3.17).

Både udbyttet og kerneudbyttet for kerner > 2,5 mm var gennemsnitligt 17 % højere ved den høje afgrødetæthed i forhold til den lave afgrødetæthed, mens herbicidbehandling resulterede i ca. 7 % højere kerneudbytte og kerneudbytte for kerner > 2,5 mm.



Figur 3.48. Kerneudbytte ved 15 % vandindhold for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) i vårhvede, konventionel lokalitet 2008 med og uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).



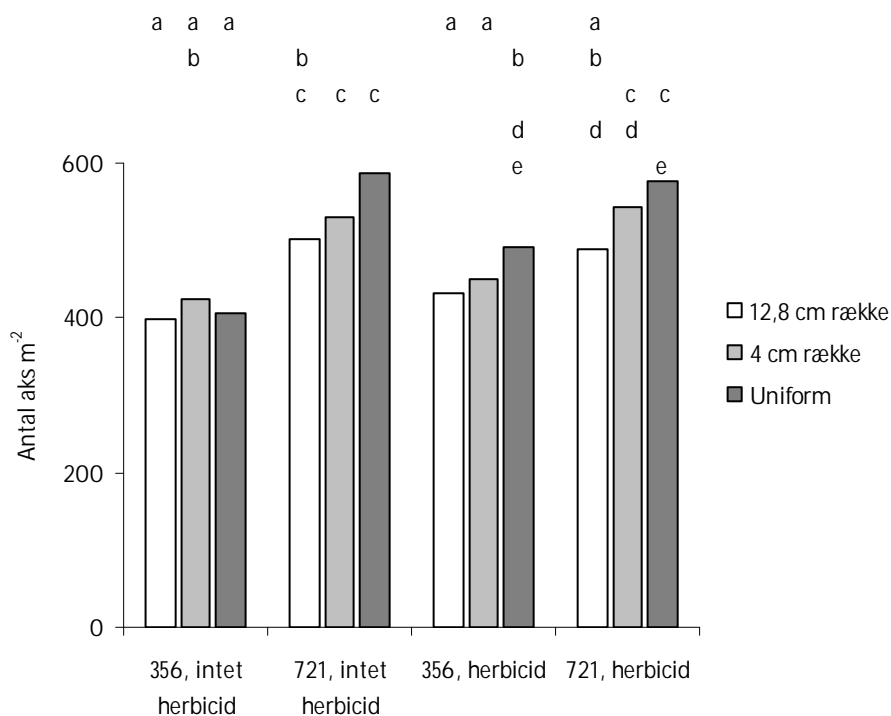
Figur 3.49. Andel af kerner > 2,5 mm for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) i vårhvede, konventionel lokalitet 2008 med og uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).

Antal aks

Figur 3.50 viser antallet af aks for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetæthed og afgrødemønster på antallet af aks, men der var ingen effekt af herbicidbehandling.

Der var gennemsnitligt flest aks i det uniforme mønster, henholdsvis 13 % og 6 % flere end i 12,8 cm rækkeafstand og 4 cm rækkeafstand.

En forøgelse af afgrødetætheden fra den lave til den høje afgrødetæthed resulterede i gennemsnitlig 24 % flere aks.

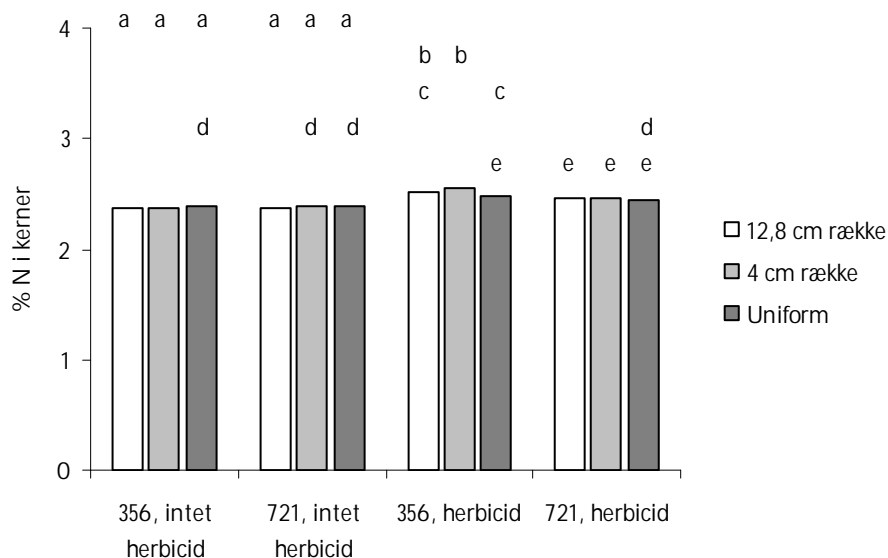


Figur 3.50. Antal aks for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) i vårhvede, konventionel lokalitet 2008 med og uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

N-indhold i kerner

Figur 3.51 viser % N-indhold i kerner for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder.

Der var effekt af afgrødetæthed, herbicidbehandling samt vekselvirkning mellem afgrødetæthed og herbicidbehandling på N-indholdet i kerner (tabel 3.17). Det havde ingen indflydelse på N-indholdet i kernerne at øge afgrødetætheden for de ikke-herbicidbehandlede parceller, hvorimod N-indholdet i kernerne reduceredes med 2 % ved forøget afgrødetæthed for de herbicidbehandlede parceller.



Figur 3.51. % N-indhold i kerner for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) i vårhvede, konventionel lokalitet 2008 med og uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

3.3.2.3 Økologisk lokalitet

Analyse af data

Tabel 3.18 viser resultatet af af variansanalyserne for afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse, udbytte ved 15 % vandindhold, kerneudbytte for kerner > 2,5 mm, antal aks og N-indhold i kerner.

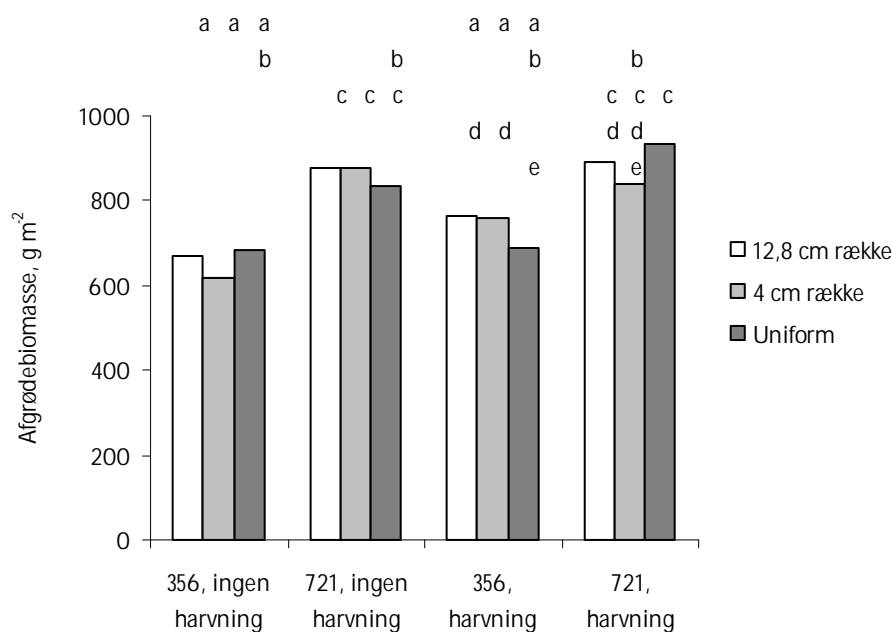
Tabel 3.18. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser i vårhvede 2008, økologisk lokalitet for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}). Data er analyseret i SAS (mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Interaktioner med p-værdier > 0,1 er successivt fjernet fra analyserne. Transformationer: Ukrudt: kvadratrods-transformeret.

Effekt	Afgrødebiomasse	Ukrudtsbiomasse	Udbytte (15% vand)	Kerner > 2,5 mm	Antal aks	% N
Tæthed (T)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	< 0,0001	0,7350
Mønster (M)	0,7563	0,1979	0,0847	0,0841	0,1585	0,0096
Harvning (H)	0,0907	<0,0001	0,1146	0,4088	0,9475	0,0004
M x H		0,0311				

Analyse af data viste, at der effekt af afgrødetæthed på afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse, udbytte kerner > 2,5 mm, antal aks og N-indhold, effekt af mønster på N-indhold, effekt af harvning på ukrudtsbiomasse og N-indhold samt vekselvirkning mellem mønster og harvning på ukrudtsbiomassen (jf. tabel 3.18).

Afgrødebiomasse

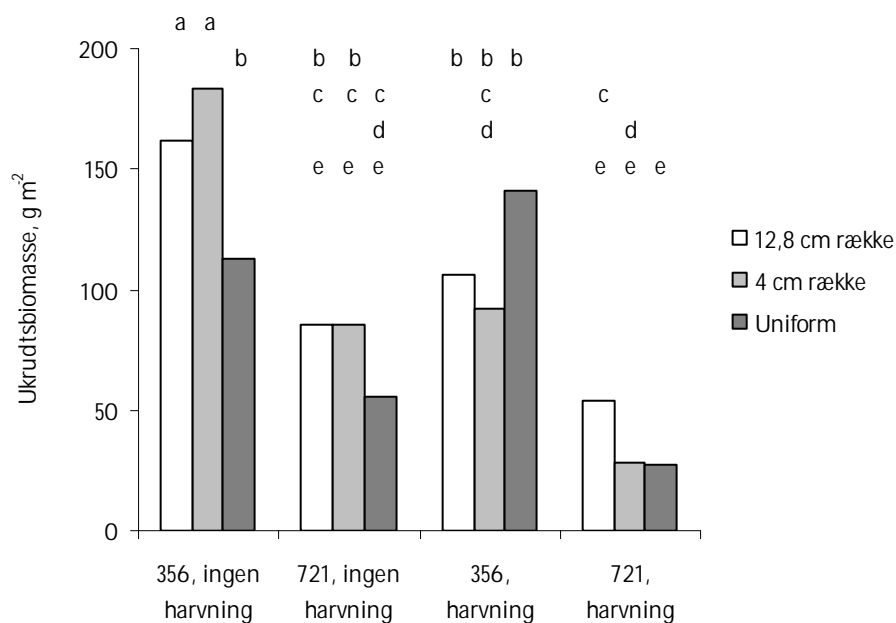
Figur 3.52 viser afgrødebiomassen for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetæthed, men ingen effekt af hverken afgrødemønster eller ukrudtsharvning på afgrødebiomassen (tabel 3.18). Afgrødebiomassen var gennemsnitligt 25 % højere ved 721 planter m^{-2} i forhold til 356 planter m^{-2} .



Figur 3.52. Afgørdebiomasse for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) i vårhvede, Økologisk Lokalitet 2008 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).

Ukrudtsbiomasse

Figur 3.53 viser ukrudtsbiomassen for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetæthed, ukrudtsharvning samt vekselvirkning mellem mønster og ukrudtsharvning på ukrudtsbiomassen (tabel 3.18). Som gennemsnit af begge afgrødetætheder var der ingen effekt af ukrudtsharvning for det uniforme mønster, mens ukrudtsbiomassen faldt henholdsvis 35 % og 55 % ved 12,8 cm rækkeafstand og 4 cm rækkeafstand ved harvning i forhold til ingen harvning.

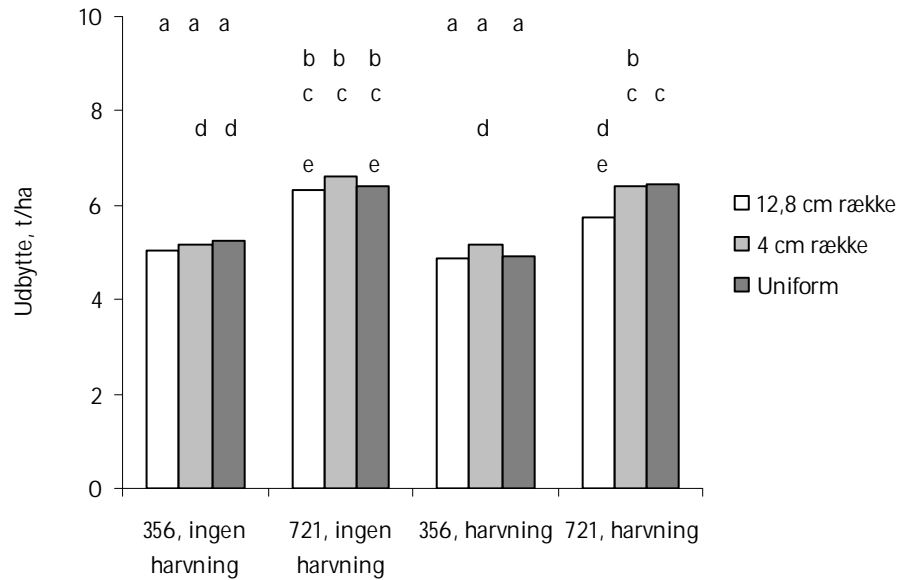


Figur 3.53. Ukrudtsbiomasse for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) i vårhvede, Økologisk Lokalitet 2008 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).

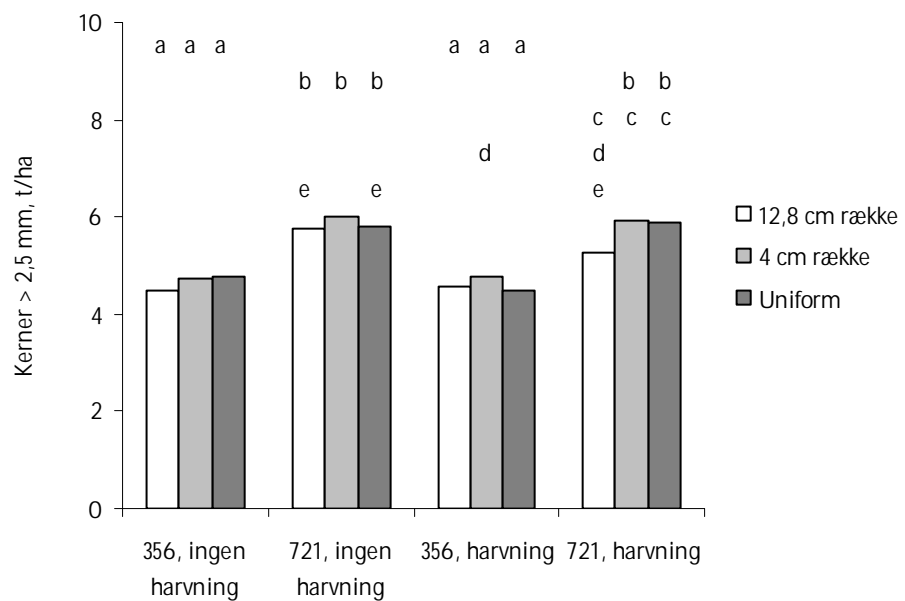
Udbytte

Figur 3.54 viser kerneudbyttet i t/ha og figur 3.55 viser udbyttet af kerner > 2,5 mm for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. For både kerneudbyttet og udbyttet af kerner > 2,5 mm var der effekt af afgrødetætheden, en svag mønstereffekt ($P=0,08$) men ingen effekt af ukrudtsharvning (tabel 3.18).

Både kerneudbyttet og udbyttet af kerner > 2,5 mm steg med 25 % ved forøget afgrødetæthed.



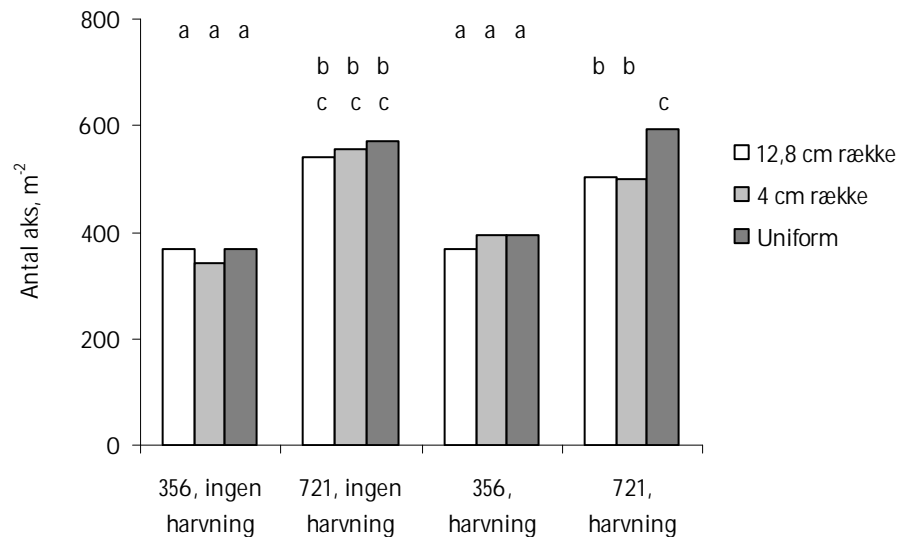
Figur 3.54. Kerneudbytte ved 15 % vandindhold for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) i vårhvede, Økologisk lokalitet 2008 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).



Figur 3.55. Andel af kerner > 2,5 mm for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) i vårhvede, Økologisk lokalitet 2008 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

Antal aks

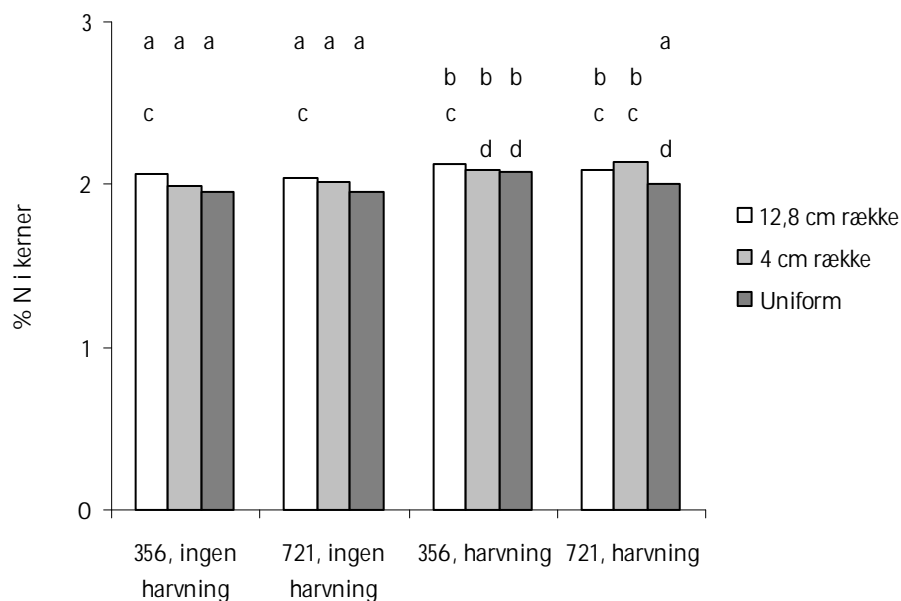
Figur 3.56 viser antallet af aks for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetætheden på antallet af aks, men ingen effekt af hverken afgrødemønster eller ukrudtsharvning (tabel 3.18). Antallet af aks steg gennemsnitligt med 46 % ved forøget afgrødetæthed.



Figur 3.56. Antal aks for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) i vårhvede, Økologisk Lokalitet 2008 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

N-indhold i kerner

Figur 3.57 viser % N-indhold i kerner for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var ingen effekt af afgrødetæthed på N-indholdet i kerner, men effekt af både afgrødemønster og ukrudtsharvning (tabel 3.18). Både 12,8 cm rækkeafstand og 4 cm rækkeafstand havde et signifikant højere N-indhold i kernerne end uniformt mønster, henholdsvis 4 % og 3%, og ukrudtsharvning resulterede i 4 % højere N-indhold i kernerne end ingen ukrudtsharvning.



Figur 3.57. % N-indhold i kerne for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) i vinterhvede, Økologisk lokalitet 2008 med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

3.3.3 Vinterhvede 2008

3.3.3.1 Konventionel lokalitet

En af behandlingerne ved 12,5 cm rækkeafstand, høj tæthed uden herbicidbehandling mislykkedes ved såning og er ikke med i datasættet. Rådata for forsøget kan findes i bilag C.

Fremspiring

Antal fremspirede hvedeplanter blev opgjort i ikke-herbicidbehandlede parceller den 29. oktober 2008. Den gennemsnitlige fremspiringsprocent i forhold til planlagt tæthed var 80 %, 92 % og 93 % for henholdsvis 12,5 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster. Antal fremspiret ukrudt blev opgjort den 2. april 2009 til gennemsnitligt 666 planter m⁻². Det var vanskeligt at tælle op på grund af hvedens størrelse. I blok A var den dominerende ukrudtsart Stedmoder, desuden en del Rapgræs samt Ærenpris. I blok B og C var det overvejende Alm. Rapgræs, dernæst Ærenpris.

Analyse af data

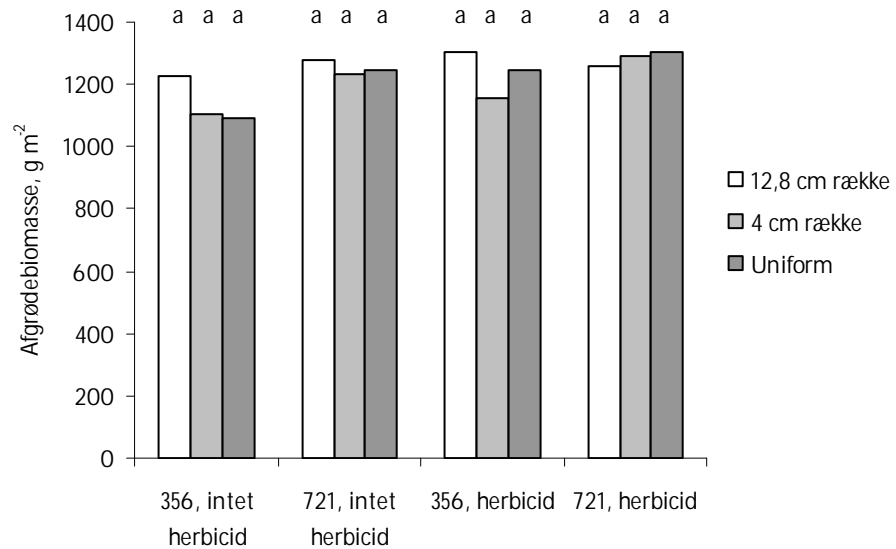
Tabel 3.19 viser resultatet af af variansanalyserne for afgrødebiomasse, ukrudtsbiomasse, udbytte ved 15 % vandindhold, kerneudbytte for kerner > 2,5 mm, antal aks og N-indhold i kerner.

Tabel 3.19. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser, vinterhvede 2008, konventionel lokalitet. Data er analyseret i SAS (mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Interaktioner med p-værdier > 0,1 er successivt fjernet fra analyserne. I tabellen for ukrudtsbiomasse, er det kun analyse af data for parceller uden herbicidbehandling, der indgår. Transformationer: Ukrudt: log-transformeret, Aks: 1/aks.

Effekt	Afgrødebiomasse	Ukrudtsbiomasse	Udbytte (15% vand)	Kerner > 2,5 mm	Antal aks	% N
Tæthed (T)	0,0818	0,0311	0,0006	0,0002	< 0,0001	0,9196
Mønster (M)	0,3673	0,8814	0,0473	0,1226	0,1968	0,2729
Herbicide (H)	0,2683	-	0,0045	0,0334	0,1247	< 0,0001

Afgrødebiomasse

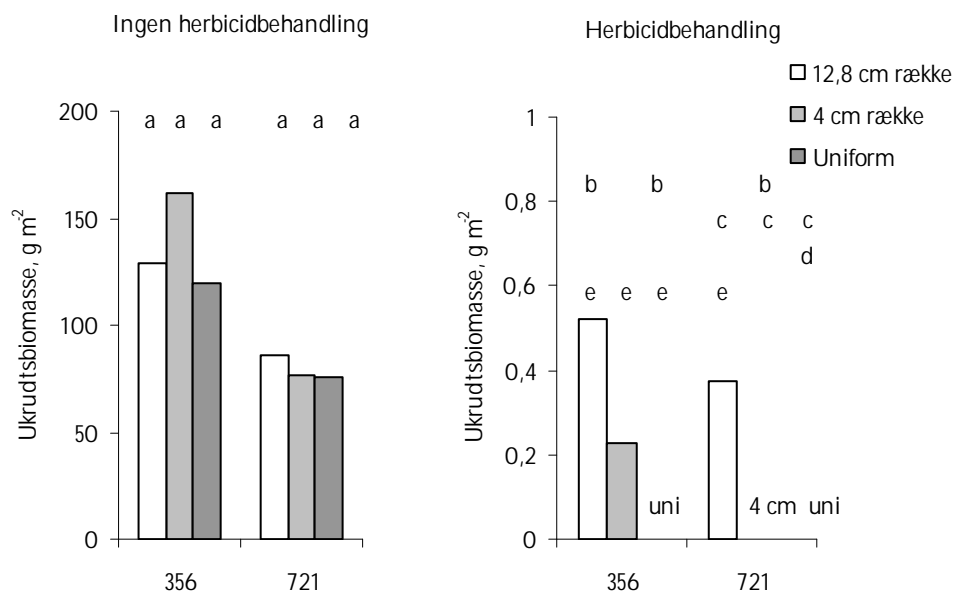
Figur 3.59 viser afgrødebiomassen for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var ingen effekt af hverken afgrødetæthed, afgrødemønster eller ukrudtsharvning på afgrødebiomassen (tabel 3.19).



Figur 3.59. Afgrødebiomasse i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) med eller uden herbicidbehandling. Der var ingen signifikante forskelle.

Ukrudtsbiomasse

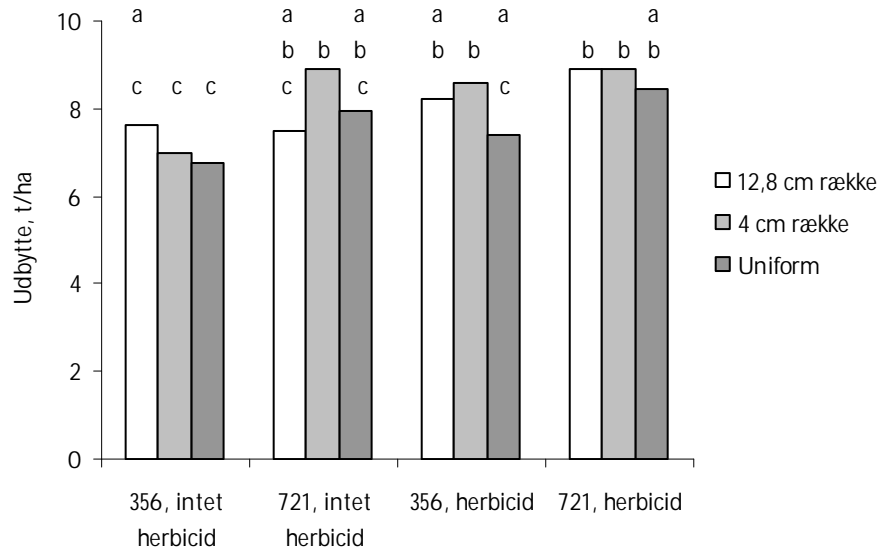
Figur 3.60 viser ukrudtsbiomassen for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder, henholdsvis uden og med herbicidbehandling. Resultatet af analysen, som er vist i tabel 3.19, er baseret på resultaterne fra de parceller, der ikke er herbicidbehandlede. Der var en effekt af afgrødetæthed på ukrudtsbiomasse, men ikke af afgrødemønster. Ukrudtsbiomassen var gennemsnitligt 81 % højere ved den lave afgrødetæthed i forhold til den høje afgrødetæthed.



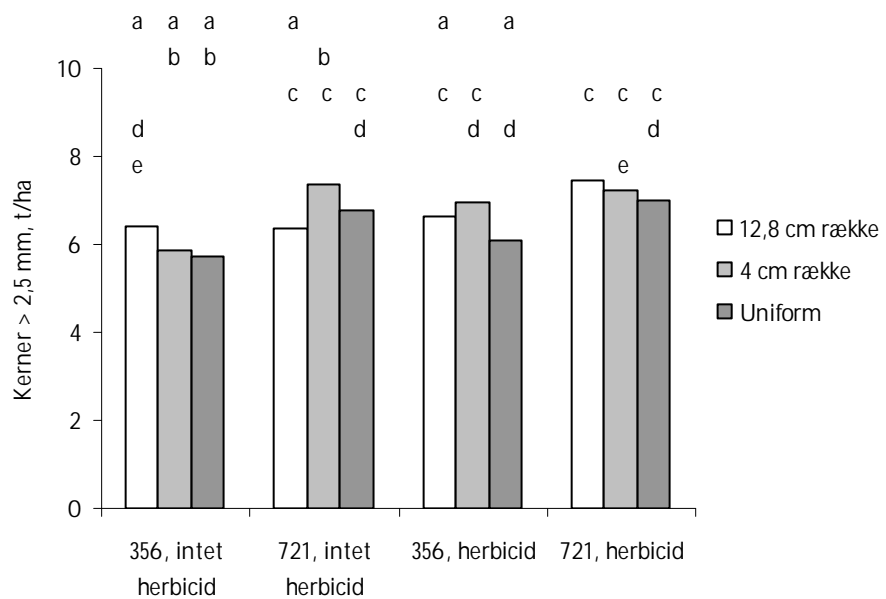
Figur 3.60. Ukrudtsbiomasse i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden herbicidbehandling. Data med og uden herbicid er analyseret hver for sig. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$). Bemærk akseinddeling for ukrudtsbiomasse.

Udbytte

Figur 3.61 viser kerneudbyttet i t/ha og figur 3.62 viser udbyttet af kerner > 2,5 mm for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. For kerneudbyttet var der effekt af afgrødetæthed, afgrødemønster og herbicidbehandling (tabel 3.19). Udbyttet steg med 12 % ved forøget afgrødetæthed og med 10 % ved herbicidbehandling. Udbyttet var henholdsvis 3 % og 9 % højere i 4 cm rækkeafstand end 12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster. For kerner > 2,5 mm var der effekt af afgrødetætheden og herbicidbehandling (tabel 3.19). Udbyttet af kerner > 2,5 mm steg med 13 % ved forøget afgrødetæthed og med 7 % ved herbicidbehandling.



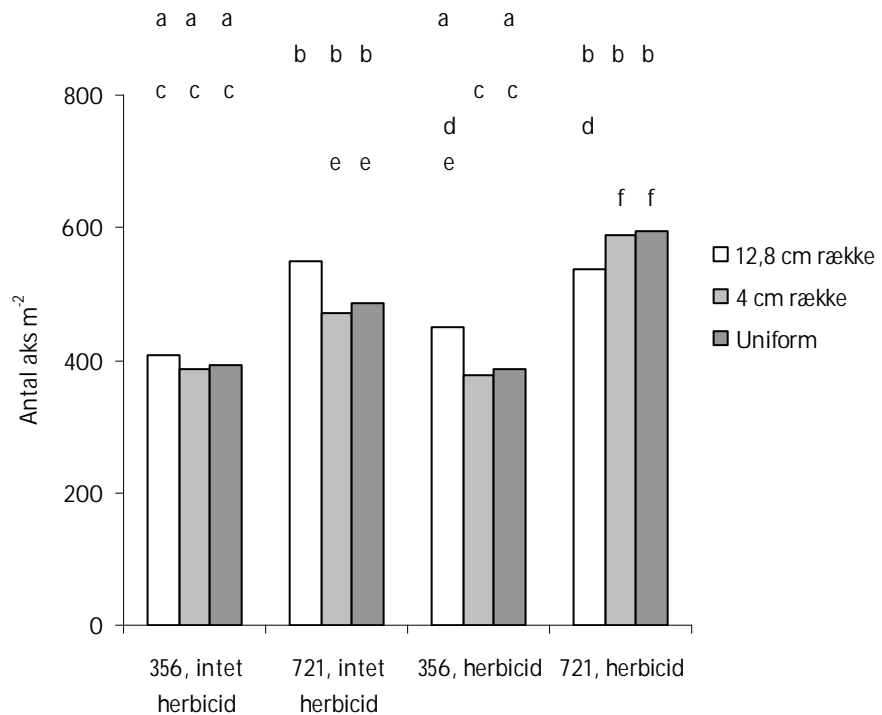
Figur 3.61. Kerneudbytte ved 15 % vandindhold i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) med eller uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).



Figur 3.62. Andel af kerner > 2,5 mm i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m²) med eller uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).

Antal aks

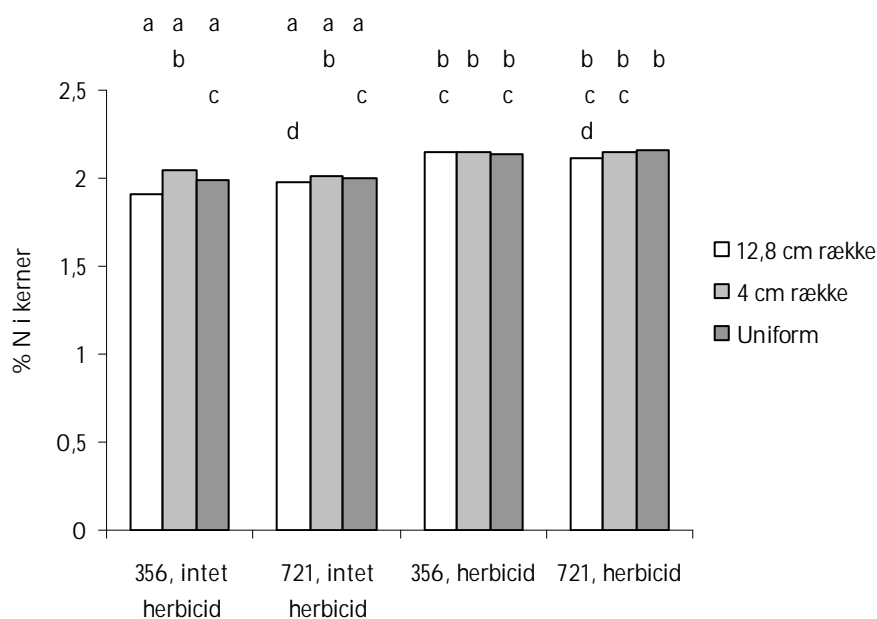
Figur 3.63 viser antal aks for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetætheden på antallet af aks (tabel 3.19). En forøgelse af afgrødetætheden medførte en gennemsnitlig forøgelse af antal aks på 34 %.



Figur 3.63. Antal aks i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) med eller uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

N-indhold i kerner

Figur 3.64 viser % N-indhold i kerner for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af herbicidbehandling, men ikke af hverken afgrødetæthed eller afgrødemønster på N-indholdet i kernerne (tabel 3.19). Hericidbehandling medførte en forøgelse af N-indholdet i kernerne på 7,8 % i forhold til N-indholdet i kernerne i de ikke-herbicidbehandlede parceller.



Figur 3.64. % N i kerner i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) med eller uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

3.3.3.2 Økologisk lokalitet

Fremspiring

Antal fremspirede hvedeplanter blev opgjort i de ikke-herbicidbehandlede parceller den 29. oktober 2008. Den gennemsnitlige fremspiringsprocent i forhold til planlagt tæthed var 54 %, 79 % og 93 % for henholdsvis 12,5 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster. Antal fremspiret ukrudt blev opgjort den 2. april 2009 til gennemsnitligt 115 planter m^{-2} . Det var vanskeligt at tælle op på grund af hvedens størrelse. Dominerende ukrudtsart var Alm. Fuglegræs. Desuden fandtes Rapgræs, Burresterre, Kamille og Ærenpris. Der var generelt ikke ret meget ukrudt.

Analyse af data

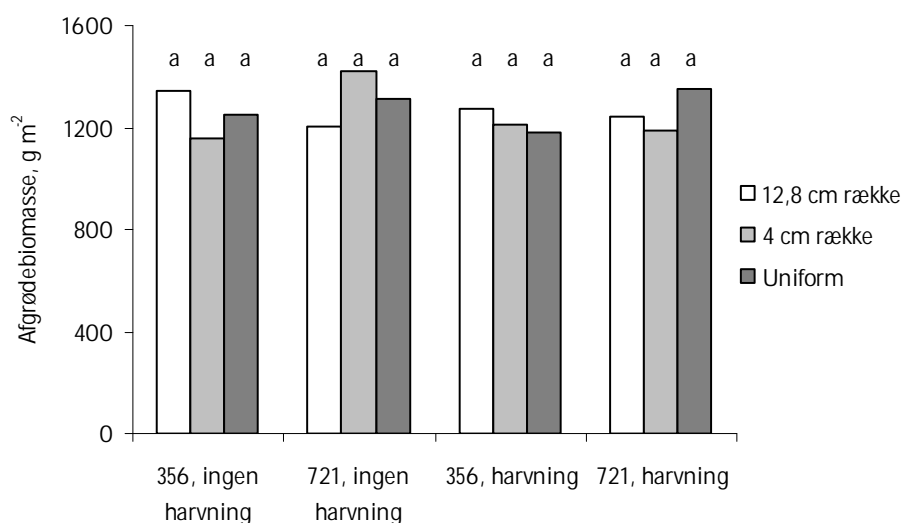
Rådata for forsøget kan findes i bilag C. Tabel 3.20 viser resultaterne af variansanalyserne. Der var effekt af afgrødetæthed på udbytte, kerner > 2,5 mm og antal aks. Der var effekt af afgrødemønster på antal aks. Der var effekt af ukrudtsharvning på ukrudtsbiomasse og udbytte, og der var vekselvirkning mellem afgrødemønster og afgrødetæthed på udbytte og antal aks.

Tabel 3.20. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser i vinterhvede 2008, økologisk lokalitet. Data er analyseret i SAS (mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Interaktioner med p-værdier > 0,1 er successivt fjernet fra analyserne. Ukrudtsbiomasse er log-transformeret.

Effekt	Afgrøde biomasse	Ukrudts biomasse	Udbytte (15% vand)	Kerner > 2,5 mm	Antal aks	% N
Tæthed (T)	0,3850	0,0911	0,0002	0,0092	< 0,0001	0,9483
Mønster (M)	0,5866	0,9137	0,0770	0,4763	0,0004	0,3921
Harvning (H)	0,4749	0,0073	0,0487	0,1091	0,6036	0,6319
M x T			0,0228	0,0630	0,0004	
M x H						0,0578

Afgrødebiomasse

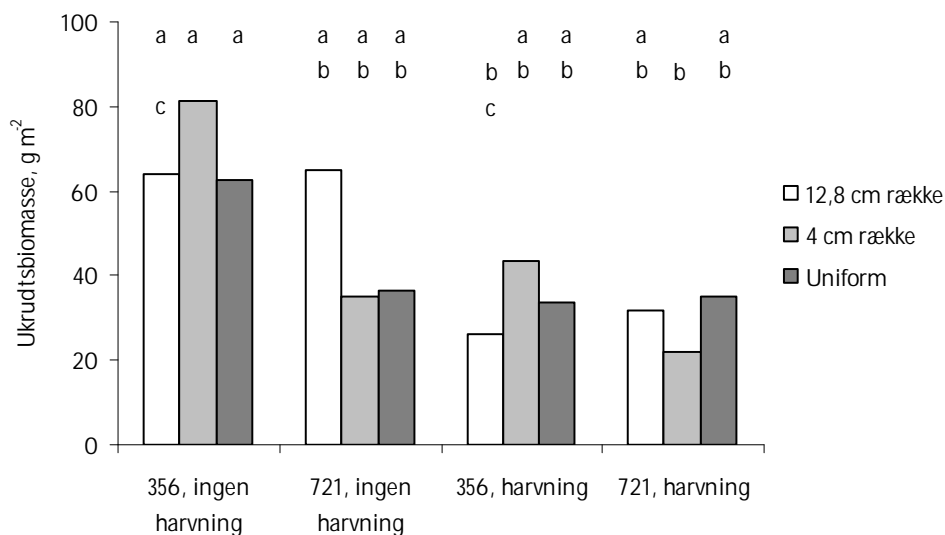
Figur 3.65 viser afgrødebiomassen for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var ingen effekt af hverken afgrødetæthed, afgrødemønster eller ukrudtsharvning på afgrødebiomassen (tabel 3.20).



Figur 3.65. Afgrødebiomasse i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden harvning. Der var ingen signifikante forskelle.

Ukrudtsbiomasse

Figur 3.66 viser ukrudtsbiomassen for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af ukrudtsharvning på ukrudtsbiomassen. Ukrudtsharvning resulterede i et fald i ukrudtsbiomassen på 46 %.



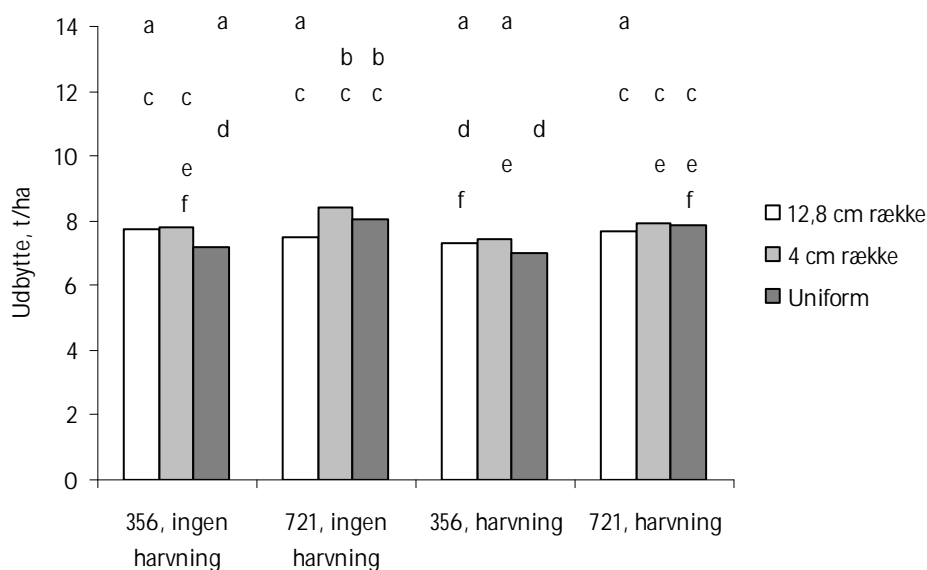
Figur 3.66. Ukrudtsbiomasse i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

Udbytte

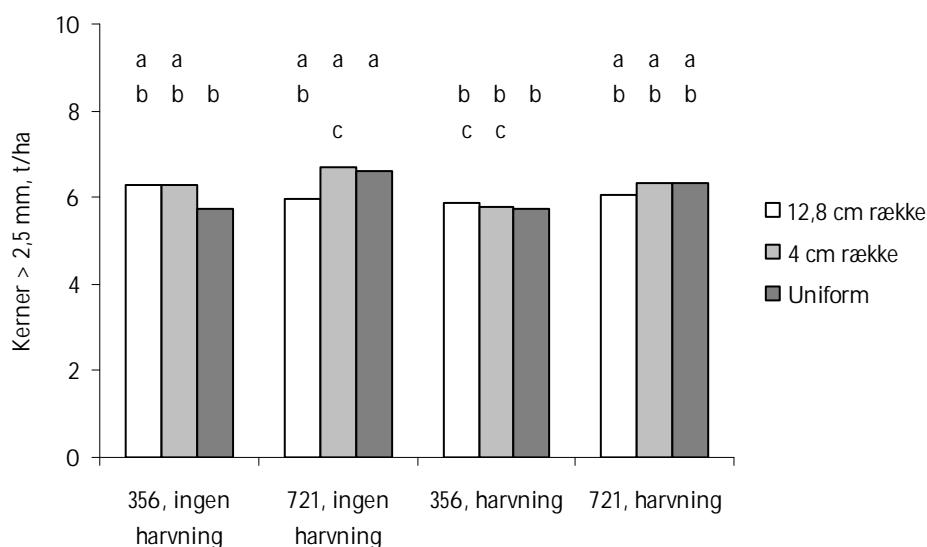
Figur 3.67 viser kerneudbyttet i t/ha og figur 3.68 viser udbyttet af kerner > 2,5 mm for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. For kerneudbyttet var der effekt af afgrødetæthed, ukrudtsharvning samt vekselvirkning mellem

afgrødemønster og afgrødetæthed (tabel 3.20). Ukrudtsharvning resulterede i et udbyttefald på 3 %. En forøgelse af afgrødetætheden resulterede i en stigning på 0,07 t/ha (0,9 %) for 12,8 cm rækkeafstand, en stigning på 0,5 t/ha (7 %) for 4 cm rækkeafstand og en stigning på 0,9 t/ha (13 %) for det uniforme mønster. Det uniforme mønster havde den største forøgelse af udbyttet ved forøget afgrødetæthed. Ved den lave afgrødetæthed var udbyttet af samme størrelsesorden for 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster, men signifikant højere ved 4 cm rækkeafstand end i det uniforme mønster ved den høje afgrødetæthed.

For udbyttet af kerner > 2,5 mm var der effekt af afgrødetætheden. En forøgelse af afgrødetætheden resulterede i en stigning på 6 % i andelen af kerner > 2,5 mm.



Figur 3.67. Kerneudbytte ved 15 % vandindhold i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).



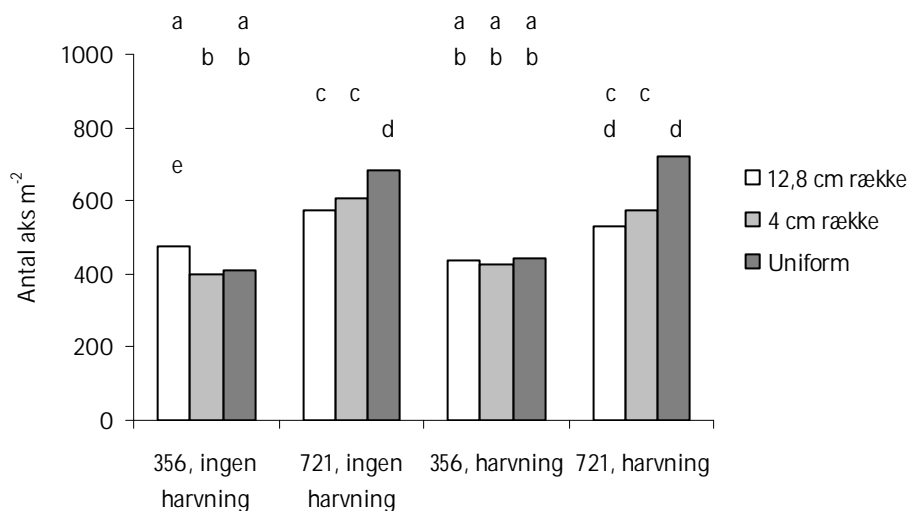
Figur 3.68. Andel af kerner > 2,5 mm i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).

Antal aks

Figur 3.69 viser antal aks for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetæthed, afgrødemønster samt vekselvirkning mellem afgrødetæthed og afgrødemønster på antallet af aks (tabel 3.20).

En forøgelse af afgrødetætheden resulterede i en forøgelse af antal aks på 40 %. Der var gennemsnitligt 17 % og 13 % flere aks i det uniforme mønster end ved henholdsvis 4 cm rækkeafstand og 12,8 cm rækkeafstand.

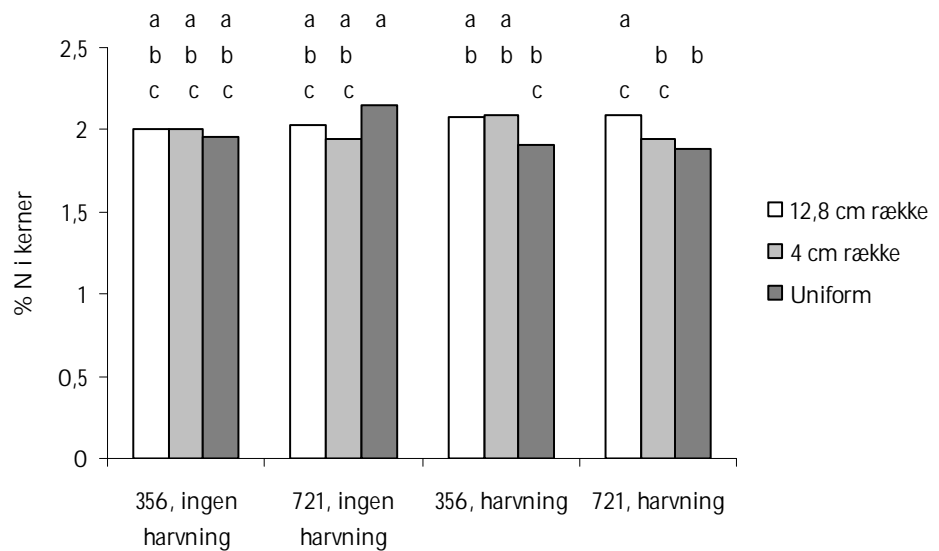
En forøgelse af afgrødetætheden medførte en forøgelse af antallet af aks på henholdsvis 42 %, 22 % og 60 % ved 4, cm rækkeafstand, 12,8 cm rækkeafstand og i uniformt mønster.



Figur 3.69. Antal af aks i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

N-indhold i kerner

Figur 3.70 viser N-indhold i kerner for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var ingen hovedeffekter af afgrødetæthed, afgrødemønster eller harvning, men svag vekselvirkning mellem afgrødemønster og harvning ($P=0,0578$) på N-indholdet i kernerne (tabel 3.20), der fortrinsvis skyldes et fald i N-indhold i kerner i det uniforme mønster ved harvning.



Figur 3.70. % N i kerner i vinterhvede 2008 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) med eller uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

3.3.4 Vårhvede 2009

3.3.4.1 Konventionel lokalitet

Fremspiring

Antal fremspirede hvedeplanter blev opgjort den 28. og 29. april 2009. Den gennemsnitlige fremspiringsprocent i forhold til planlagt tæthed var 81 %, 93 % og 99 % for henholdsvis 12,5 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster. Antal fremspiret ukrudt blev opgjort den 7. maj 2009. Der var gennemsnitligt 181 planter m^{-2} , og den dominerende ukrudtsart var Hvidmelet Gåsefod. Desuden fandtes storkenæb, Vej-Pileurt, Alm spergel og Snerle Pileurt.

Analyse af data

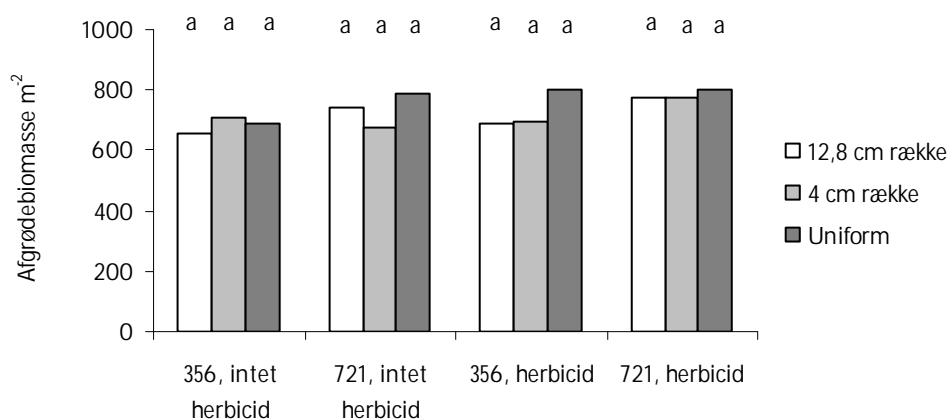
Rådata for forsøget kan findes i bilag C. Tabel 3.21 viser resultaterne af variansanalyserne. For ukrudtsbiomasse er det kun parceller, der ikke er blevet sprøjtet med herbicid, der er blevet analyseret. Analyserne viste, at der var effekt af afgrødetæthed på ukrudtsbiomasse, udbytte og antal aks; der var effekt af afgrødemønster på ukrudtsbiomasse, antal aks og N-indhold i kerner; der var effekt af herbicid på udbytte, andel af kerner $> 2,5$ mm og på N-indhold i kerner og der var vekselvirkning mellem afgrødemønster og afgrødetæthed på ukrudtsbiomasse og N-indhold i kerner.

Tabel 3.21. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser for forsøg i vårhvede 2009, konventionel lokalitet. Interaktioner med p-værdier > 0,1 er successivt fjernet fra analyserne. Data er analyseret i SAS (mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. I tabellen for ukrudtsbiomasse, er det kun analyse af data for parceller uden herbicidbehandling, der indgår.
 Transformationer: Ukrudt: log-transformeret, N: N²-transformeret.

Effekt	Afgrøde- biomasse	Ukrudts- biomasse	Udbytte (15% vand)	Kerner > 2,5 mm	Antal aks	% N
Tæthed (T)	0,1088	0,0002	0,0427	0,5745	<0,0001	0,3583
Mønster (M)	0,2819	0,0134	0,3098	0,0788	0,0080	0,0023
Herbicid (H)	0,1774	-	0,0012	0,0010	0,2278	< 0,0001
T x M		0,0388			0,0612	0,0119
T x H						0,3380
M x H						0,8787
T x M x H						0,0687

Afgrødebiomasse

Figur 3.71 viser afgrødebiomasse for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var ingen effekt af hverken afgrødetæthed, afgrødemønster eller herbicidbehandling på afgrødebiomassen (tabel 3.21).



Figur 3.71. Afgrødebiomasse i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden herbicidbehandling. Der var ingen signifikante forskelle.

Ukrudtsbiomasse

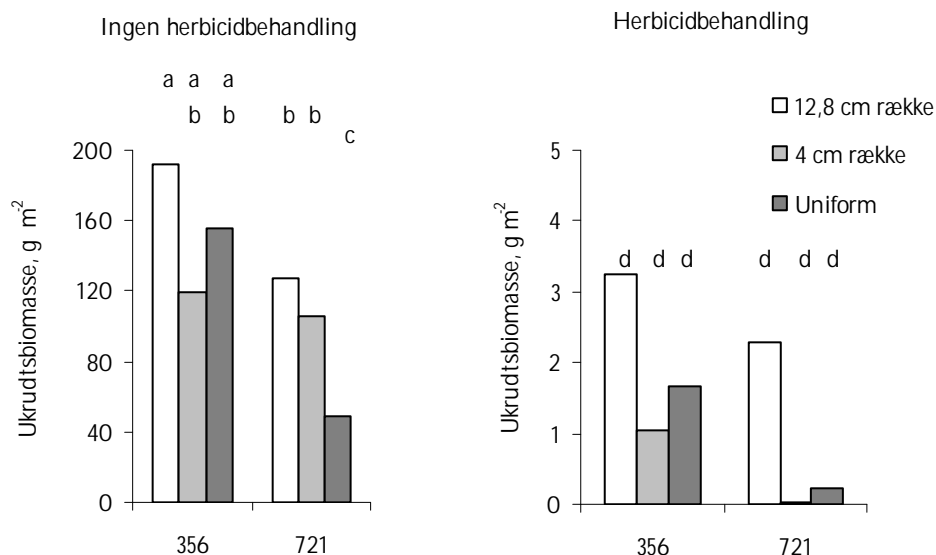
Figur 3.72 viser ukrudtsbiomassen henholdsvis uden og med herbicidbehandling. Analyse af effekt på ukrudtsbiomasse er foretaget dels på herbicidbehandlede parceller dels på ikke-herbicidbehandlede parceller. Resultatet af analysen, som er vist i tabel 3.21, er baseret på resultater fra de parceller, der ikke er herbicidbehandlet. Der var en effekt af afgrødetæthed, afgrødemønster samt vekselvirkning mellem afgrødetæthed og afgrødemønster på ukrudtsbiomassen.

I de ikke-herbicidbehandlede parceller faldt ukrudtsbiomassen gennemsnitligt med 39 % ved at øge afgrødetætheden. Som et gennemsnit af begge afgrødetætheder var ukrudtsbiomassen 55 % højere ved normal 12,5 cm rækkeafstand og 9,5 % højere ved 4 cm rækkeafstand end i det uniforme mønster.

Ved den lave afgrødetæthed var ukrudtsbiomassen af nogenlunde samme størrelsesorden for de 3 afgrødemønstre (ej signifikant forskellige). Ved at øge afgrødetætheden fra 356 til 721 planter m⁻² faldt ukrudtsbiomassen med 34 %

ved 12,5 cm rækkeafstand, med 11 % ved 4 cm rækkeafstand og med 68 % i det uniforme mønster.

I de herbicidbehandlede parceller var ukrudtsbiomassen højest i 12,5 cm rækkeafstand ved lav afgrødetæthed og lavest i 4 cm rækkeafstand ved høj afgrødetæthed, men forskellen var kun tæt på at være signifikant ($P=0.0508$).



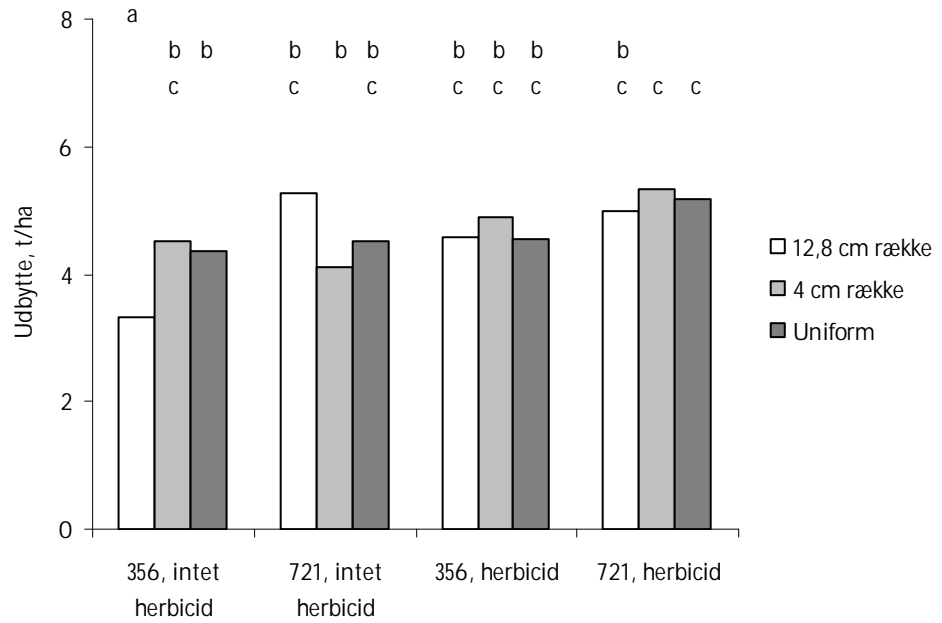
Figur 3.72. Ukrudtsbiomasse i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden herbicidbehandling. Data med og uden herbicid er analyseret hver for sig. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$). Bemærk akseinddeling for ukrudtsbiomasse.

Udbytte og andel af kerner > 2,5 mm

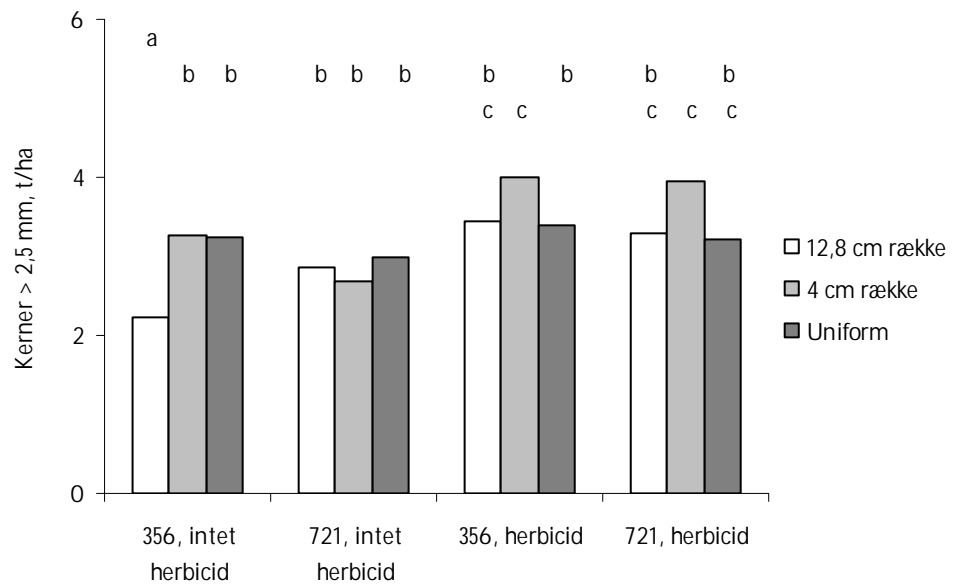
Figur 3.73 viser kerneudbyttet ved 15 % vandindhold, figur 3.74 viser andelen af kerner > 2,5 mm og tabel 3.21 viser resultatet af analyserne.

Der var effekt af afgrødetæthed og herbicidbehandling på udbyttet, men ingen mønstereffekt. Gennemsnitligt steg udbyttet med 12 % ved at øge afgrødetætheden fra 356 til 721 planter m⁻² og gennemsnitligt med 15 % ved at sprøjte med herbicid.

Der var effekt af afgrødetæthed og herbicidbehandling på andelen af kerner > 2,5 mm. Gennemsnitligt faldt andelen af kerner > 2,5 mm med 3 % ved at øge afgrødetætheden fra 356 til 721 planter m⁻² og steg gennemsnitligt med 23 % ved at sprøjte med herbicid.



Figur 3.73. Kerneudbytte ved 15 % vandindhold i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).



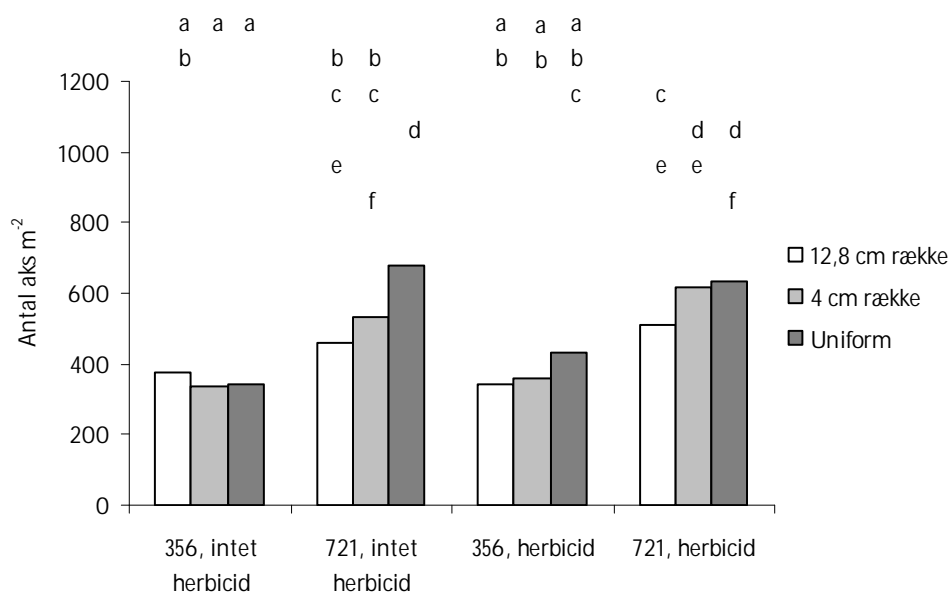
Figur 3.74. Andel af kerner > 2,5 mm i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05).

Antal aks

Figur 3.75 viser antal aks for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Der var effekt af afgrødetæthed og afgrødemønster samt en svag vekselvirkning mellem afgrødetæthed og afgrødemønster på antal aks, men ingen effekt af herbicidbehandling.

Antallet af aks steg gennemsnitligt med 57 % ved øget afgrødetæthed og var gennemsnitligt henholdsvis 19 % og 12 % lavere ved 12,5 cm rækkeafstand og 4 cm rækkeafstand i forhold til uniformt mønster.

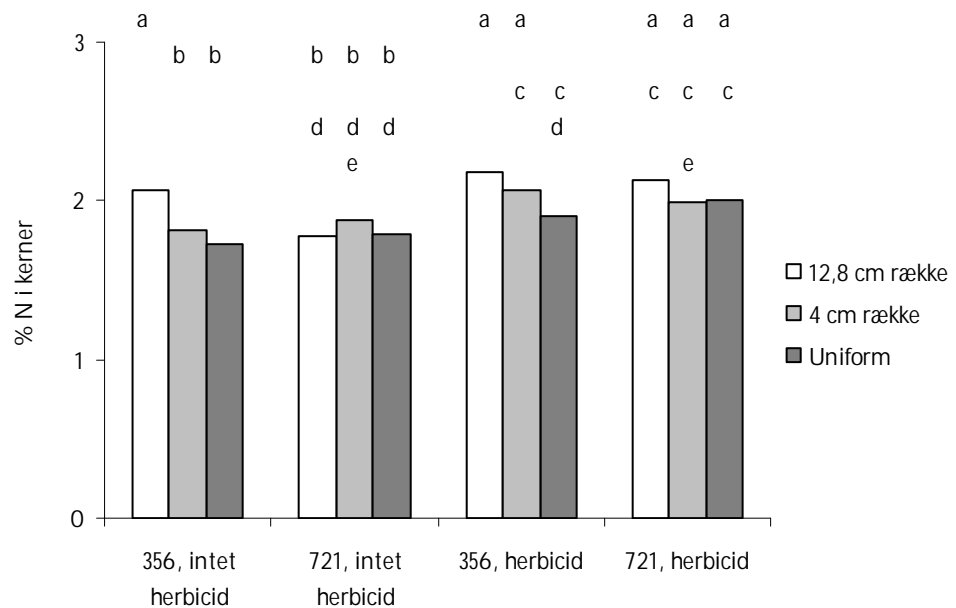
Ved den lave afgrødetæthed var antallet af aks gennemsnitligt af samme størrelsesorden, færrest ved 4 cm rækkeafstand. Ved den høje afgrødetæthed var antallet af aks steget med henholdsvis 35 %, 65 % og 70 % ved henholdsvis 12,5 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster.



Figur 3.75. Antal aks i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med eller uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

N-indhold i kerner

Figur 3.76 viser % N-indhold i kerner for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Tabel 3.21 viser, at der var effekt af afgrødemønster og herbicid samt vekselvirkning mellem afgrødetæthed og afgrødemønster på N-indholdet i kerner. N-indholdet var gennemsnitligt højest i mønstret med 12,5 cm rækkeafstand og henholdsvis 5 % og 10 % højere end ved 4 cm rækkeafstand og i uniformt mønster. Herbicidbehandling medførte en forøgelse af N-indholdet i kernerne på 11 % i forhold til ingen herbicidbehandling. En forøgelse af afgrødetætheden medførte ingen ændringer i N-indholdet i kernerne for 4 cm rækkeafstand. For det uniforme mønster medførte en forøgelse af afgrødetætheden en ikke-signifikant forøgelse på 4,5 % af N-indholdet i kernerne, mens det for 12,5 cm rækkeafstand resulterede i et signifikant fald af N-indholdet i kernerne på 8 %.



Figur 3.76. % N i kerner i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m^{-2}) med eller uden herbicidbehandling. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$).

3.3.4.2 Økologisk lokalitet

Der var en noget uens fremspiring i forsøget, muligvis på grund af fugle. Det så ud til, at der var nogle gamle kørespor, som gik ned igennem parcellerne. I disse kørespor var hveden længe om at spire frem, da det samtidig var meget tørt.

En enkelt gentagelse af behandlingen: Uniformt mønster ved 356 planter m^{-2} uden ukrudtsstrigling havde en høj ukrudtsbiomasse og lav afgrødebiomasse i forhold til de 2 øvrige gentagelser. Selvom det ved høst af ukrudt- og afgrødebiomasse blev tilstræbt at undgå at høste i de tørre striber, hvor hveden var længe om at spire frem, kunne resultaterne fra lige netop denne parcel tyde på, at der måske alligevel er blevet høstet i en af disse striber. Vi har valgt at udelade resultaterne fra denne parcel i analyserne.

Fremspiring

Selvom det ikke var repræsentativt, blev hveden talt op i de striber, hvor den var spiret frem. Reelt var der ikke så mange planter m^{-2} . Hveden blev talt op den 28. og 29. april 2009. Den gennemsnitlige fremspiringsprocent i forhold til den planlagte tæthed var 54 %, 79 % og 93 % for henholdsvis 12,5 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster. Ud fra antallet af fremspirede planter, kunne det godt se ud til, at ikke alle hvedeplanter var fremspiret. 4. maj blev nogle enkelte parceller talt op igen, men det så ikke ud til, at der var fremspiret flere hvedeplanter. Fra omkring 7. - 11. maj begyndte hveden at spire frem i de tørre striber. 14. maj blev der igen talt op i udvalgte parceller med 12,5 cm rækkeafstand. Antallet af hvedeplanter var generelt steget siden den første optælling.

Antal fremspirede ukrudtsplanter blev opgjort den 14. maj til 161 planter m^{-2} . Dominerende arter var Hvidmelet Gåsefod og Alm. Fuglegræs. Desuden fandtes lidt Pengeurt samt noget meget småt ukrudt.

Analyse af data

Rådata for forsøget kan findes i bilag C. Tabel 3.22 viser resultaterne af variansanalyserne.

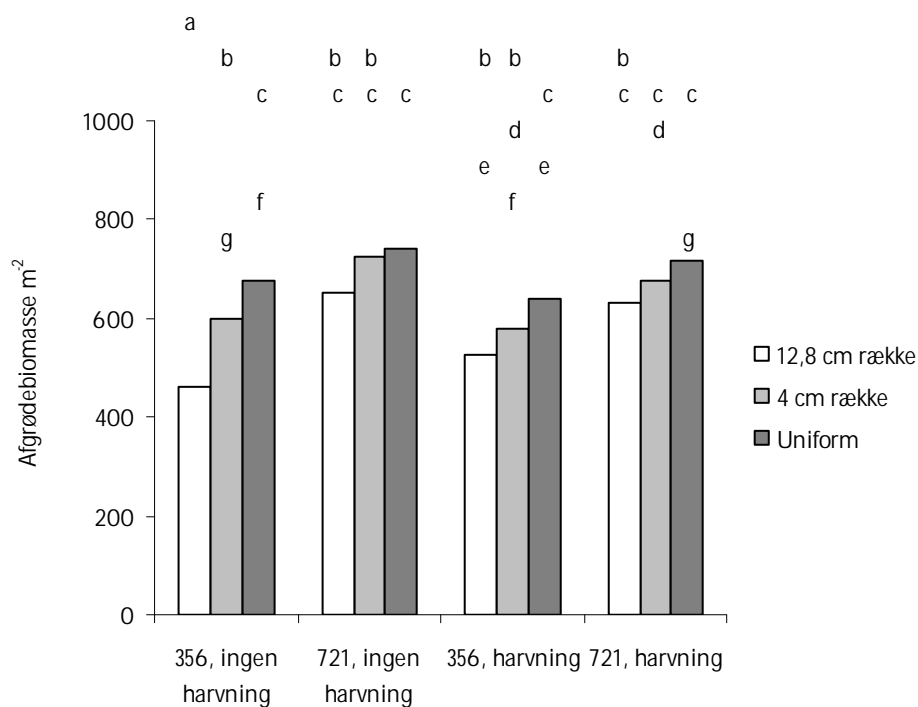
Tabel 3.22. Samlet tabel for resultater af de enkelte variansanalyser i vårhvede 2009, økologisk lokalitet. Data er analyseret i SAS (mixed model), hvor effekt af blok indgår som tilfældig variabel. Interaktioner med p-værdier > 0,1 er successivt fjernet fra analyserne.

Transformationer: Ukrudt: log-transformeret.

Effekt	Afgrøde- biomasse	Ukrudts- biomasse	Udbytte (15% vand)	Kerner > 2,5 mm	Antal aks	% N
Tæthed (T)	0,0002	0,0749	<0,0001	0,0428	< 0,0001	0,8413
Mønster (M)	0,0017	0,1031	0,0004	0,0002	0,0005	0,0052
Harvning (H)	0,5624	0,0801	0,8900	0,9128	0,8704	0,3112
M x T		0,2884	0,4888	0,6659		0,7697
T x H		0,2276	0,4346	0,1794		0,3591
M x H		0,6146	0,8762	0,9954		0,5626
T x M x H		0,0112	0,0765	0,0217		0,0971

Afgrødebiomasse

Figur 3.77 viser afgrødebiomassen for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Tabel 3.22 viser, at der var effekt af både afgrødetæthed og afgrødemønster, men ingen effekt af ukrudtsharvning på afgrødebiomassen.

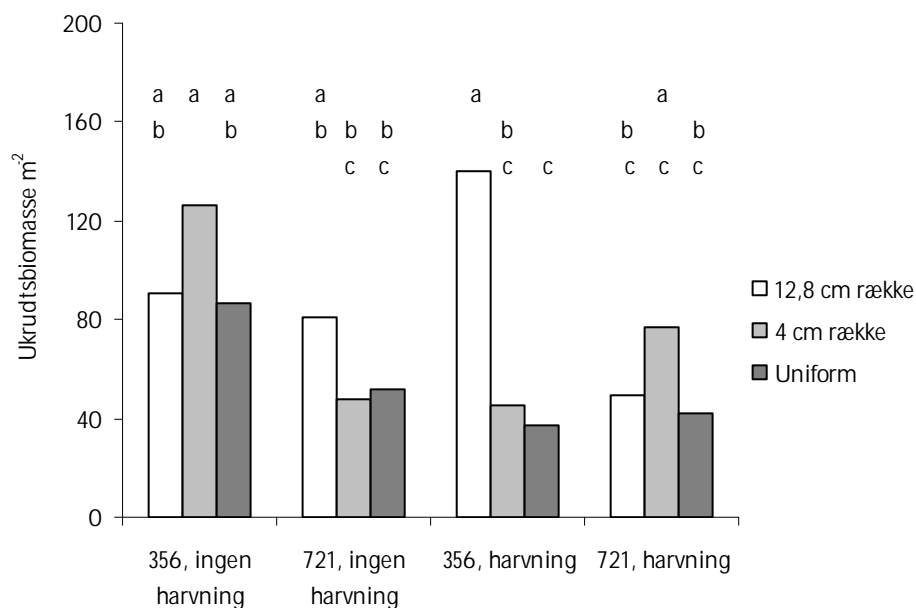


Figur 3.77. Afgrødebiomasse i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05). En gentagelse af uniformt mønster i medium tæthed og ingen harvning er udelukket fra analysen.

Afgrødebiomassen steg med afgrødetætheden for alle 3 afgrødemønstre. Ved den høje afgrødetæthed var afgrødebiomassen af samme størrelsesorden uanset om der var blevet ukrudtsharvet eller ej (figur 3.77). Afgrødebiomassen var ved den lave afgrødetæthed henholdsvis 4 % og 12 % lavere ved 4 cm rækkeafstand og 12,5 cm rækkeafstand i forhold til uniformt mønster og henholdsvis 10 % og 25 % lavere end uniformt mønster ved den høje afgrødetæthed.

Ukrudtsbiomasse

Figur 3.78 viser ukrudtsbiomassen for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Analyse af ukrudtsbiomassen viste, at der var en svag effekt af afgrødetæthed og ukrudtsharvning samt vekselvirkning mellem tæthed, mønster og harvning på ukrudtsbiomassen (tabel 3.22). I de ikke-ukrudtsharvede parceller sås et signifikant fald i ukrudtsbiomassen for 4 cm rækkeafstand (62 %) og uniformt mønster (40 %) ved øget afgrødetæthed. I de ukrudtsharvede parceller sås et signifikant fald i ukrudtsbiomassen for 12,8 cm rækkeafstand (65 %) ved øget afgrødetæthed. For 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster var der en ikke-signifikant stigning i ukrudtsbiomassen ved øget afgrødetæthed på henholdsvis 71 og 15 %.



Figur 3.78. Ukrudtsbiomasse i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige ($p = 0,05$). En gentagelse af uniformt mønster i medium tæthed og ingen harvning er udelukket fra analysen.

Udbytte

Figur 3.79 og figur 3.80 viser henholdsvis kerneudbyttet og kerneudbyttet for kerner > 2,5 mm for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder.

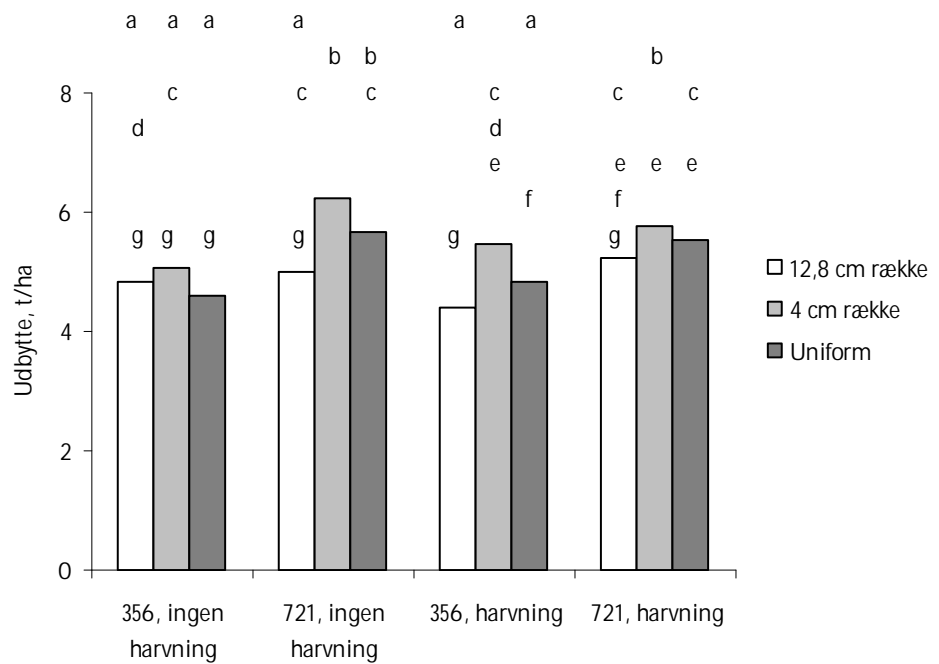
Analyse af kerneudbytte ved 15 % vandindhold viste, at der var en signifikant effekt af afgrødemønster og afgrødetæthed på kerneudbyttet, men ikke af ukrudtsharvning (tabel 3.22).

For ikke-ukrudtsharvede parceller var der for 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster et signifikant højere kerneudbytte ved en øget afgrødetæthed. For ukrudtsharvede parceller var der et signifikant højere kerneudbytte for 12,8 cm rækkeafstand og uniformt mønster ved øget afgrødetæthed.

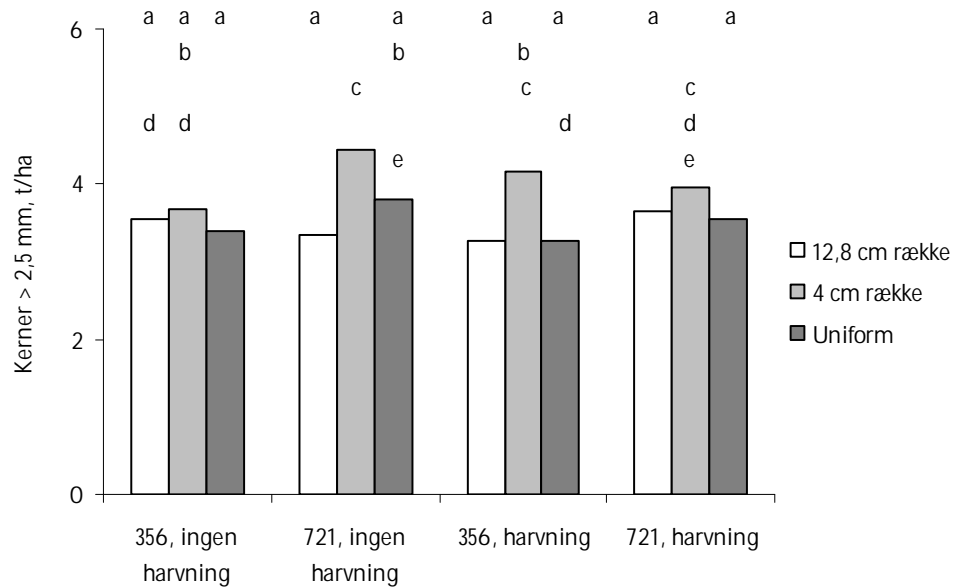
Kerneudbyttet var ved normal afgrødetæthed signifikant højere ved 4 cm rækkeafstand end ved 12,8 cm rækkeafstand og i uniformt mønster (henholdsvis 14 og 11 %). Kerneudbyttet var ved høj afgrødetæthed henholdsvis 17 % og 9 % højere i 4 cm rækkeafstand og i uniformt mønster end ved 12,5 cm rækkeafstand.

Analyse af andelen af kerner > 2,5 mm viste, at der var en effekt af afgrødetæthed og mønster samt vekselvirkning mellem tæthed, mønster og harvning på andelen af kerner > 2,5 mm.

Andelen af kerner > 2,5 mm forøgedes signifikant ved øget afgrødetæthed ved 4 cm rækkeafstand for parceller, der ikke var blevet ukrudtsharvet. For 12,8 cm rækkeafstand var der et svagt fald og for uniformt mønster en lille stigning i andelen af kerner > 2,5 mm, men det var ikke signifikant. For ukrudtsharvede parceller var andelen af kerner > 2,5 mm uforandret ved forøget afgrødetæthed ved de forskellige afgrødemønstre. Andelen af kerner > 2,5 mm var signifikant lavere i det uniforme mønster end ved 4 cm rækkeafstand ved begge afgrødetætheder (henholdsvis 4,8 og 10 % ved normal og høj afgrødetæthed).



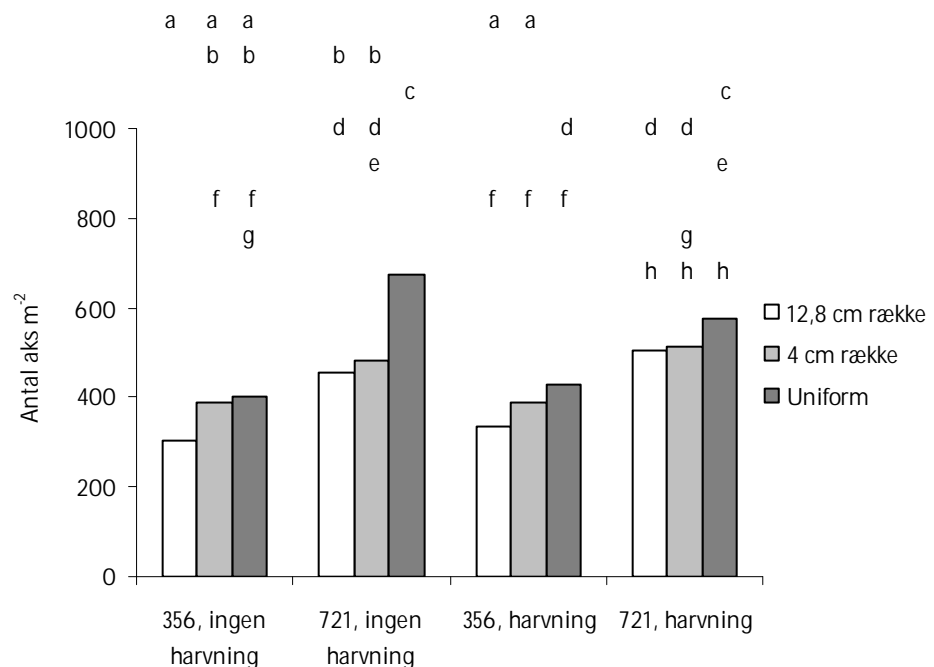
Figur 3.79. Kerneudbytte ved 15 % vandindhold i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05). En gentagelse af uniformt mønster i medium tæthed og ingen harvning er udelukket fra analysen.



Figur 3.80. Andel af kerner > 2,5 mm i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05). En gentagelse af uniformt mønster i medium tæthed og ingen harvning er udelukket fra analysen.

Antal aks

Figur 3.81 viser antallet af aks for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Analyse af antal aks viste, at der var effekt af afgrødemønstre og afgrødetæthed på antallet af aks (tabel 3.22).



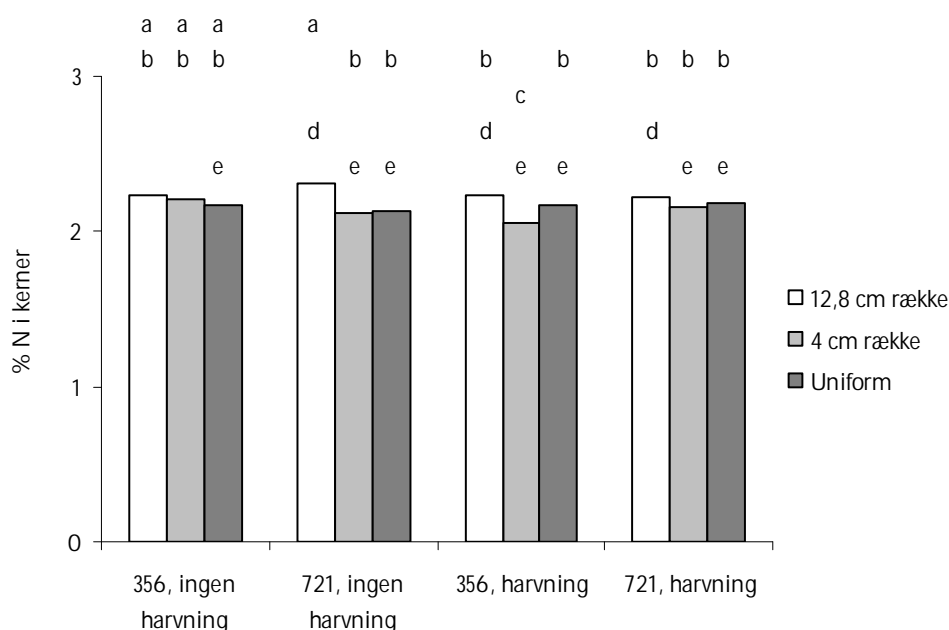
Figur 3.81. Antal aks i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05). En gentagelse af uniformt mønster i medium tæthed og ingen harvning er udelukket fra analysen.

For alle 3 afgrødemønstre var der flere aks i høj tæthed end ved normal afgrødetæthed (51, 28 og 50 % i henholdsvis 12,8 cm række, 4 cm række og uniformt mønster). Der var signifikant flere aks ved høj afgrødetæthed i det uniforme mønster end ved 4 cm rækkeafstand (25 %) og ved 12,8 cm rækkeafstand (31 %).

N-indhold i kerner

Figur 3.82 viser % N-indhold i kerner for de 3 afgrødemønstre og 2 afgrødetætheder. Analyse af % N-indhold i kerner viste, at der var effekt af mønster på % N-indholdet i kerner (tabel 3.22).

% N-indhold var af samme størrelsesorden for 4 cm rækkeafstand og det uniforme mønster, men det var signifikant og henholdsvis 5 % og 4 % højere ved 12,5 cm rækkeafstand end ved 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster.



Figur 3.82. % N-indhold i kerner i vårhvede 2009 for 3 afgrødemønstre (12,8 cm rækkeafstand, 4 cm rækkeafstand og uniformt mønster) og 2 afgrødetætheder (356 og 721 planter m⁻²) med og uden harvning. Behandlinger med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (p = 0,05). En gentagelse af uniformt mønster i medium tæthed og ingen harvning er udelukket fra analysen.

3.3.5 Sammenfatning af resultater

Generelt blev der fundet en effekt af afgrødetæthed på ukrudtsbiomasse og udbytte i de fleste forsøg i stor skala og i nogle tilfælde på afgrødebiomassen. Mønstereffekten varierede fra forsøg til forsøg. Der var altid en effekt af herbicid eller ukrudtsharvning på ukrudtsbiomassen, men til gengæld havde hverken ukrudtsharvning eller herbicidbehandling nogen indflydelse på afgrødebiomassen i nogle af forsøgene. Med hensyn til afgrødebiomasse er de traditionelle ukrudtsbekæmpelsesmetoder altså ikke mere pålidelige end afgrødetæthed og mønster. Med en enkelt undtagelse i vinterhvedeforsøget 2008, hvor ukrudtsharvning resulterede i et fald i udbyttet på 0,2 t/ha, har ukrudtsharvning ikke haft nogen negativ indflydelse på udbyttet - heller ikke for de to mønstre med lille rækkeafstand (4 cm rækkeafstand og uniformt mønster (5,3 cm og 4,2 cm rækkeafstand)).

Der var effekt af herbicidbehandling på ukrudtsbiomasse og udbytte begge år. Herbicidbehandling resulterede i et højere udbytte på 7 - 15%, mens effekten af afgrødemønstre på udbyttet kun fandtes i 3 ud af 7 forsøg.

Der var effekt af harvning på ukrudtsbiomasse undtagen i vårhvede 2009. I 2009 var der risiko for at skade afgrøden ved harvning, da det var meget tørt, og der blev derfor kun foretaget en harvning, hvilket sandsynligvis er grunden til, at der ikke blev fundet nogen effekt af harvning på ukrudtsbiomassen dette år.

Antallet af aks steg i alle forsøg med afgrødetætheden. Her blev der i 5 ud af 7 forsøg fundet en mønstereffekt, hvor der i alle 5 tilfælde var flest aks i det uniforme mønster. Disse resultater viser, at en mere regelmæssig fordeling af afgrødeplanterne har fordele ud over konkurrence med ukrudt.

I foråret 2008 så forsøget på den økologiske lokalitet ud til at lide mere under tørken end det var tilfældet på den konventionelle lokalitet. I foråret 2009 led begge forsøg under tørken. Den konventionelt dyrkede hvede var placeret på et lidt mere sandet areal end den økologisk dyrkede hvede. Problemet med tørke hen over sommeren så da også ud til at være størst på den konventionelle lokalitet. Selvom det ser ud til, at der faldt megen regn i juni måned 2009 (figur 2.2), skyldes den megen nedbør et enkelt meget kraftigt regnvejr den 11. og 12. juni.

3.4 Del IV: Driftsøkonomiske analyser

3.4.1 Udvalgte systemer

De økonomiske analyser er blevet gennemført for i alt otte forskellige systemer med forskellige kombinationer af udsædsmønstre og dyrkningsteknik (tabel 3.23). Tre af systemerne svarer til dem, der er benyttet i forsøgene, mens de resterende fem systemer er relevante alternativer. Systemerne kan håndtere forskellige såbedsmønstre og tætheder ved hjælp af forskellige udsædsteknologier, og afgrødemønstrene spænder fra 12,5 cm rækkeafstand til uniform/tilfældigt mønster.

Tabel 3.23. Otte systemer karakteriseret ved afgrødemønstre og dyrkningsteknik.

Afgrødemønster	Aktuelt forsøg med pløjning	Alternativ med pløjning	Alternativ uden pløjning
12,5 cm	1a		1b
6 cm		3a 3b	
4 cm	3c		
Uniform/tilfældigt	5	2	4

Alle systemerne er baseret på kommerciel tilgængelig teknologi. Et par af systemerne skal tilpasses med kommercielt tilgængelige komponenter. I det følgende gives en kort beskrivelse af de otte systemer. For en yderligere beskrivelse af systemerne henvises til appendiks D.

3.4.1.1 Beskrivelse af de otte systemer

1.a Konventionel såning (med pløjning)

Pløjning med vending af jorden og etablering af såbed (rotorharve med jordpakker) er nødvendigt for en effektiv udnyttelse af denne type af maskine. Frøene er placeret i rækker med en afstand på 12 cm med såskær som er efterfulgt af harvetænder som dækker frøene med jord. (www.mi.dk, 2009).

1.b Konventionel såning (uden pløjning)

Med dette system er der ingen forudgående pløjning, men etablering af såbed med rotorharve og pakker. Såmaskinen er den samme som i 1a, men i stedet for konventionelle skær har denne maskine skiveskær.

2. Båndsåning

Denne maskine anvender den samme primære pløjning og efterfølgende kultivering med rotorharve som i 1a, men i stedet for konventionelle skiveskær har denne maskine bredskær. Frøene bliver lagt i jorden og fordelt tilfældigt indenfor båndet i 8 cm brede bånd. Med en såbredde på 8 cm vil der ikke være noget slip mellem rækkerne, og derfor vil der være en fordeling af frø på hele arealet (www.köckerling.com, 2009).

3.a Smalle rækker med konventionelle skiveskær

Denne maskine har de samme etableringsoperationer som i 1a (konventionel såning med plov). Den eneste forskel er, at rækkeafstanden er 6 cm i stedet for 12 cm (www.mi.dk, 2009).

3.b Smalle rækker med cascade skær

Denne maskine har samme såbeds etableringsoperationer som i 3.a (konventionel såning med plov). Den eneste forskel er, at i stedet for konventionelle skær anvendes her cascade skær. Cascadeskær anvendes for at forbedre ensartetheden ved fordelingen af frøene og ensartethed i sådybden (www.mi.dk, 2009).

3c. Ultra smalle rækker med konventionelle skær

Denne maskine har de samme etableringsoperationer som i 3a (konventionel såning med plov). Forskellen er blot, at rækkeafstanden er 4 cm i stedet for 12 cm (www.mi.dk, 2009).

4. Bredspredning af frø/pneumatisk

Dette system bygger i princippet på en pneumatisk gødningsspreder. Maskinen fordeler frøene i et jævnt og tilfældigt mønster på et 12-24 m bredt område på jordoverfladen. Når dette system anvendes, er det nødvendigt med en let kultivering af jorden før og efter såning. Den anden kultivering er nødvendig for at dække frøene med jord.

5. Accord præcisionssåning

Denne maskine kan lægge frøene individuelt. Maskinen har en standard gearkasse, hvor op til 18 forskellige frøafstande kan vælges fra 1 cm og op til 56 cm. Maskinen kan så frø, som varierer i form, størrelse og overflade. Teknologien, som er baseret på en kombination af atmosfærisk og vakuum tryk, sikrer en præcis placering af frøene i furene. Systemet er bedst egnet til særlige grøntsagsfrø. Med dette system er det nødvendigt at etablere et fint såbed, som inkluderer pløjning og intensiv harvning. Kapaciteten på maskinen er lav som følge af en arbejdsbredde på 1,5 cm og en lav hastighed (max 3,6 km/t) (www.kvernlandgroup.com, 2009).

3.4.2 Udbytter

De økonomiske analyser af rentabiliteten for forskellige afgrødetætheder og -mønstre er baseret på storparcelforsøg gennemført i århvede 2008 og 2009, på såvel en konventionel og en økologisk lokalitet (jf. afsnit 3.3). Forsøgsresultaterne er sammenstillet i de efterfølgende tabeller (tabel 3.25 og 3.26). De benyttede forkortelser er angivet i tabel 3.24.

Tabel 3.24. Forklaring på anvendte forkortelser i tabellerne 3.25 og 3.26.

Såmønster	R = Traditionel rækkesåning, 12,8 cm rækkeafstand S = Smalle rækker, 4 cm rækkeafstand U = Uniform
Afgrødetæthed	H = Høj tæthed (721 planter m ⁻²) M = Middel tæthed (356 planter m ⁻²)
Ukrudtsbekæmpelse	- = Ingen bekæmpelse + = Kemisk eller mekanisk bekæmpelse
Biomasse	Hbio = Hvedebiomasse Ubio = Ukrudtsbiomasse
Øvrige forkortelser	Yield 15% = Kerneudbytte ved 15% vandindhold Water = Vandindhold TKV = Tusindkornsvægt Sprøjte = Antal sprøjtninger Herbicide = Herbiciddosering Ukr.harv = Antal harvninger

Tabellerne 3.25 og 3.26 viser en sammenstilling af forsøgsresultater fra forsøg i stor skala i vårhvede i 2008 og 2009 ved henholdsvis konventionel og økologisk dyrkning.

Tabel 3.25. Sammenstilling af forsøgsresultater for konventionelt dyrket vårhvede 2008 og 2009. Forkortelser er forklaret i tabel 3.24.

Beh.	År	Hbio g/m ²	Ubio g/m ² rain>25 mm	TKV	Water %	yield 15% t/ha	tæthed pl. Pr. m ²	såsåed kg/ha	Sprøjte antal	Herbicide tablet	Netto I kr/ha
RH-	2008	781	31	49,3	14,1	5,9	721	300			3.848
RH+	2008	766	16	49,1	14,1	7,7	721	300	2,0	2,0	4.840
RM-	2008	741	99	50,5	14,3	7,2	356	150			5.340
RM+	2008	765	22	49,1	15,0	6,8	356	150	2,0	2,0	4.584
SH-	2008	824	29	49,3	14,5	6,7	721	300			4.423
SH+	2008	849	4	48,8	14,1	6,5	721	300	2,0	2,0	3.877
SM-	2008	772	109	50,2	14,7	7,1	356	150			5.267
SM+	2008	754	18	49,4	14,1	7,3	356	150	2,0	2,0	4.918
UH-	2008	835	18	49,7	14,8	7,0	721	300			4.661
UH+	2008	788	5	48,7	14,3	7,4	721	300	2,0	2,0	4.584
UM-	2008	702	50	50,4	14,2	6,0	356	150			4.377
UM+	2008	846	11	48,9	14,6	7,1	356	150	2,0	2,0	4.785
RH-	2009	743	127	35,9	7,6	5,3	721	300			3.303
RH+	2009	774	1	37,9	7,8	5,0	721	300	1,0	1,5	2.829
RM-	2009	655	191	36,5	7,9	3,3	356	150			2.209
RM+	2009	686	3	39,0	7,5	4,6	356	150	1,0	1,5	2.961
SH-	2009	679	106	34,3	7,3	4,1	721	300			2.377
SH+	2009	776	0	37,2	7,2	5,3	721	300	1,0	1,5	3.119
SM-	2009	711	119	37,5	7,2	4,5	351	150			3.161
SM+	2009	698	1	38,8	7,6	4,9	356	150	1,0	1,5	3.212
UH-	2009	790	49	34,7	7,6	4,5	721	300			2.716
UH+	2009	802	0	36,9	7,2	5,2	721	300	1,0	1,5	2.986
UM-	2009	690	155	37,4	7,8	4,4	356	150			3.034
UM+	2009	802	2	38,6	7,9	4,6	356	150	1,0	1,5	2.936

Tabel 3.26. Sammenstilling af forsøgsresultater for økologisk dyrket vårhvede 2008 og 2009. Forkortelser er forklaret i tabel 3.24.

Beh.	År	Hbio g/m ²	Ubio g/m ²	TKV rain>25 mm	Water %	yield 15% t/ha	tæthed pl. Pr. m ²	såsæd kg/ha	Ukr. hrv. antal	Netto I kr/ha
RH-	2008	877	85	44,1	8,3	6,3	721	300		4.986
RH+	2008	892	54	44,1	8,3	5,8	721	300	2,0	4.170
RM-	2008	668	162	44,1	8,4	5,1	356	150		4.313
RM+	2008	764	106	44,9	8,4	4,9	356	150	2,0	3.868
SH-	2008	876	86	44,5	8,4	6,6	721	300		5.251
SH+	2008	837	28	44,3	7,7	6,4	721	300	2,0	4.795
SM-	2008	620	183	44,7	8,4	5,2	356	150		4.429
SM+	2008	760	92	45,2	8,6	5,2	356	150	2,0	4.139
UH-	2008	834	56	44,3	8,5	6,4	721	300		5.084
UH+	2008	932	27	43,8	8,5	6,5	721	300	2,0	4.837
UM-	2008	686	113	44,2	8,5	5,2	356	150		4.499
UM+	2008	689	141	44,3	8,3	4,9	356	150	2,0	3.919
RH-	2009	651	81	38,0	7,8	5,0	721	300		3.720
RH+	2009	633	49	38,0	8,7	5,2	721	300	1,0	3.812
RM-	2009	461	90	38,6	8,0	4,8	356	150		4.093
RM+	2009	525	140	37,7	7,9	4,4	356	150	1,0	3.554
SH-	2009	724	48	37,4	8,9	6,2	721	300		4.911
SH+	2009	675	77	37,0	8,4	5,8	721	300	1,0	4.310
SM-	2009	601	127	37,9	7,9	5,1	356	150		4.338
SM+	2009	578	45	38,5	7,7	5,5	356	150	1,0	4.564
UH-	2009	740	52	36,9	9,6	5,7	721	300		4.353
UH+	2009	716	42	37,0	9,3	5,5	721	300	1,0	4.076
UM-	2009	575	156	38,3	8,3	4,5	356	150		3.787
UM+	2009	640	37	38,1	8,2	4,8	356	150	1,0	3.957

Bemærk, at der i 2008 har været sprøjtet 2 gange med herbicider i de konventionelle forsøg og ukrudtsstriglet to gange i de økologiske forsøg. I de økologiske forsøg består én ukrudtsbehandling af to harvninger udført samme dag. I praksis vil landmanden gennemføre en enkelt, mere intensiv harvning. I ovenstående tabeller og i de følgende beregninger er to harvninger samme dag derfor regnet som én harvning.

3.4.3 Rentabilitet

Ved beregning af nettoresultatet er benyttet følgende prisforudsætninger:

Ukrudtsharve:	120 kr. pr. ha
Marksprøjte:	140 kr. pr. ha
Herbicide:	77 kr. pr. tablet

Udbytte:	80 kr. pr. hkg
Såsæd:	3 kr. pr. kg
Udsædsmængde:	125 kg pr. ha ved 300 planter pr. m ²

Til beregning af nettoresultat II indgår de faste omkostninger (omkostninger II) til pløjning, såbedstilberedning og såning (jf. afsnit 2.7). Til at matche forsøgsbehandlingernes såbedstilberedning og mønstre er følgende såmaskiner benyttet:

Mønster	System	Beskrivelse	Fabrikat	Omkostning II (kr. / ha)
Afprøvet i forsøg				
R række 12,5 cm	1a	Konventionel såmaskine	Fx Kongskilde Fiona	714
S tæt række 4 cm	3c	Konventionel såmaskine	Fx Kuhn Venta	951
U uniform	5	Præcisionssåmaskine	Accord Miniair S	1.462
Alternativ				
S tæt række 6 cm	3a	Konventionel såmaskine	Fx Kuhn Venta	836
U tilfældig	2	Bredsåning, båndsåmaskine	Rabe, Pöttinger	740

Præcisionssåmaskinen (system 5) der giver et uniformt mønster, er dobbelt så dyr som de øvrige systemer. Det kan imidlertid, jf. forsøgsresultaterne i lille skala, antages at et tilfældigt mønster ved en tæthed på 360 og 720 kerner m⁻², er lige så effektivt som præcisionssåning med hensyn til udbytte og ukrudtsundertrykkelse. På den baggrund er bredsåning (system 2) medtaget som et omkostningseffektivt alternativ til præcisionssåmaskinen. Forsøgene i lille skala har indikeret, at der ikke med hensyn til ukrudtsundertrykkelse vil være forskel på 4 og 6 cm rækkeafstand. Derfor er der også medtaget en såmaskine med 6 cm rækkeafstand (system 3a) som et omkostningseffektivt alternativ (Alt.) til 4 cm rækkeafstand (system 3c).

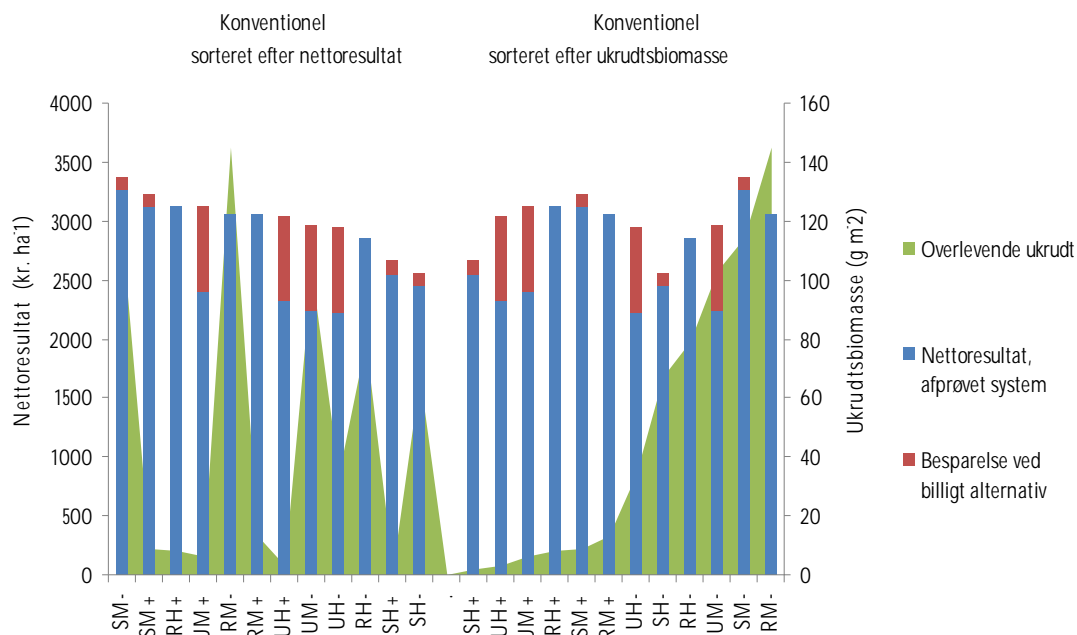
Tabel 3.27 viser nettoresultat I og II for konventionelt dyrket vårhvede i 2008 og 2009 (gns. af de 2 år) og figur 3.83 viser nettoresultat II og ukrudtsbiomasse for den konventionelle lokalitet i 2008 og 2009 (gns. af 2 år).

Tabel 3.28 viser nettoresultat I og II for økologisk dyrket vårhvede i 2008 og 2009 (gns. af de 2 år) og figur 3.84 viser nettoresultat II og ukrudtsbiomasse for den økologiske lokalitet i 2008 og 2009 (gns. af 2 år).

Bemærk, at tabellerne 3.27 og 3.28 er sorteret efter faldende nettoresultat II, hvor den dyre præcisionssåning (system 5) er erstattet med bredsåning (2) og rækkeafstanden for de tætte rækker er øget fra 4 til 6 cm. Ukrudtsbekæmpelse er angivet med et kryds i kolonnen til højre for rækkeafstanden.

Tabel 3.27. Nettoresultat I og II for konventionelt dyrket vårhvede 2008 og 2009 (gns. af de 2 år). Alt. er omkostningseffektive alternativer til henholdsvis uniformt mønster og 4 cm rækkeafstand. Øvrige forkortelser er forklaret i tabel 3.24.

Behandling	Tæthed pl. m ⁻²	Rækkeafstand	Ukrudts- bekæmpelse	Ukrudtsbiomasse g m ⁻²	Netto I kr/ha	Netto II kr/ha	Alt. kr/ha
SM-	356	4 cm		114	4.214	3.263	3.378
SM+	356	4 cm	X	9	4.065	3.114	3.229
UM+	356	Uniform	X	6	3.860	2.398	3.120
RH+	721	12,5 cm	X	8	3.835	3.121	
RM+	356	12,5 cm	X	13	3.773	3.059	
UH+	721	Uniform	X	3	3.785	2.323	3.045
RM-	356	12,5 cm		145	3.775	3.061	
UH-	721	Uniform		34	3.689	2.227	2.949
UM-	356	Uniform		103	3.706	2.244	2.966
RH-	721	12,5 cm		79	3.576	2.862	
SH+	721	4 cm	X	2	3.498	2.547	2.662
SH-	721	4 cm		67	3.400	2.449	2.564

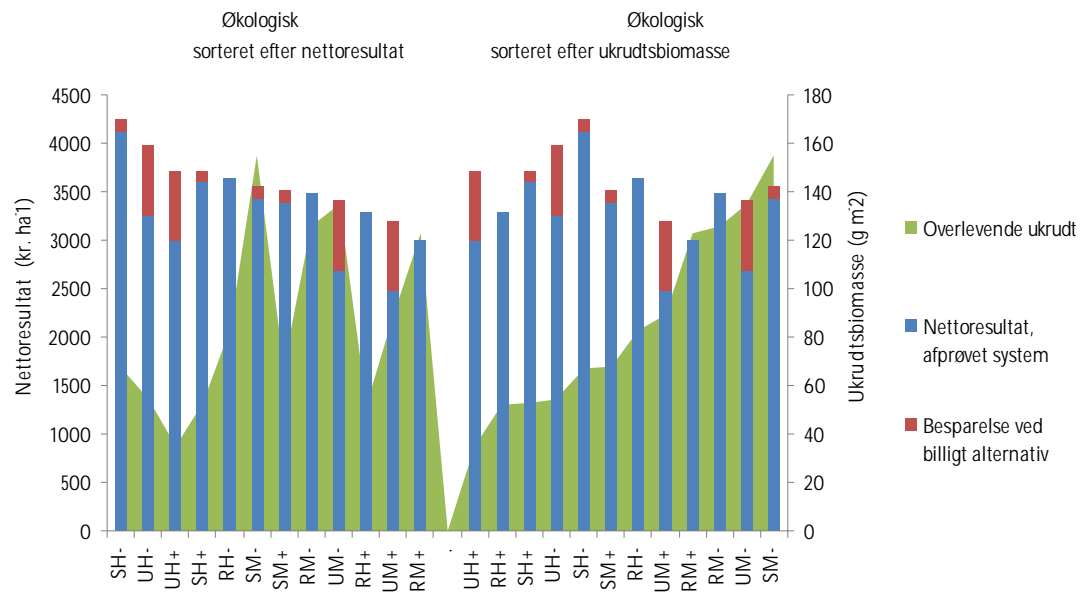


Figur 3.83. Nettoresultat II og ukrudtsbiomasse for de afprøvede systemer og mønstre i konventionelt dyrket vårhvede i 2008 og 2009 (gns. af de 2 år). Venstre side af figuren er opstillet efter faldende nettoresultat II og højre side af figuren efter stigende ukrudtsbiomasse.

Det fremgår af tabel 3.27 og figur 3.83, at løsningerne med middel tæthed (356 kerner m^{-2}) udsæet på 4-6 cm rækkeafstand, er de mest lønsomme (højeste nettoresultat II) i den konventionelle dyrkning. Med disse løsninger er der tilsyneladende ikke betaling for den kemiske ukrudtsbekæmpelse. Ukrudtsbekæmpelsen reducerer nettoresultatet med ca. 150 kr. pr. ha (fra 3.378 til 3.229 kr. pr. ha), men giver til gengæld en væsentlig bedre bekæmpelse af ukrudtet (reduktion fra 114 til 9 $g\ m^{-2}$). Selv når (hvis) det uniforme mønster kan erstattes med den billigere bredsåning, vil løsningerne med 4-6 cm rækkeafstand ikke blive udkonkurreret i den konventionelle dyrkning.

Tabel 3.28. Nettoresultat I og II for økologisk dyrket vårhvede 2008 og 2009 (gns. af de 2 år). Alt. er omkostningseffektive alternativer til uniformt mønster og 4 cm rækkeafstand. Øvrige forkortelser er forklaret i tabel 3.24.

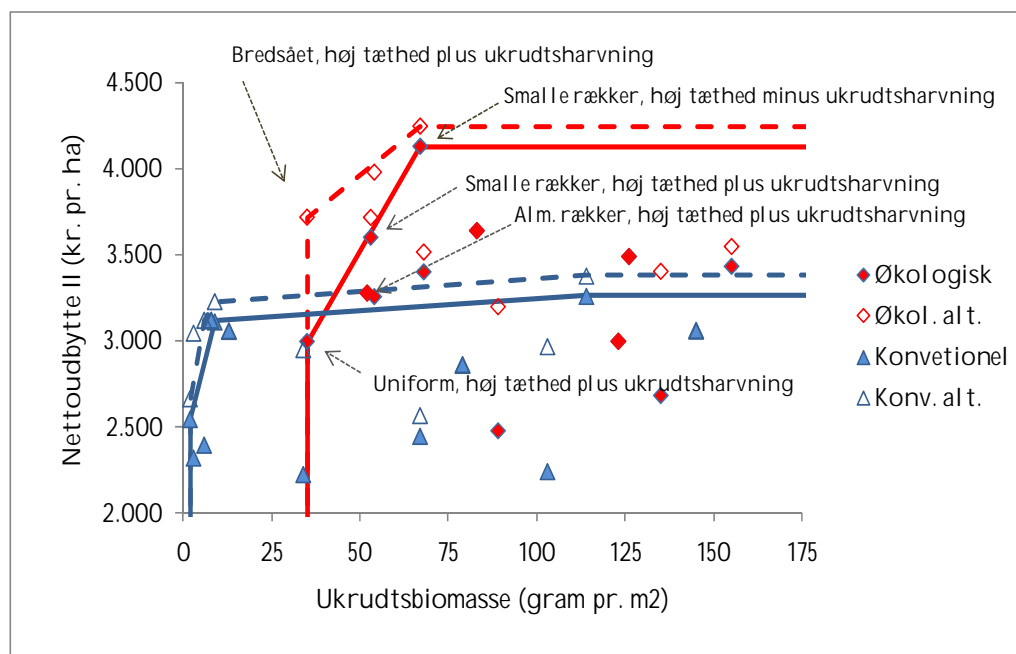
Behandling	Tæthed pl. m^{-2}	Rækkeafstand	Ukrudtsbekæmpelse	Ukrudtsbiomasse $g\ m^{-2}$	Netto I kr/ha	Netto II kr/ha	Alt. kr/ha
SH-	721	4 cm		67	5.081	4.130	4.245
UH-	721	Uniform		54	4.718	3.256	3.978
UH+	721	Uniform	X	35	4.457	2.995	3.717
SH+	721	4 cm	X	53	4.552	3.601	3.716
RH-	721	12,5 cm		83	4.353	3.639	
SM+	356	4 cm	X	68	4.351	3.400	3.515
SM-	356	4 cm		155	4.383	3.432	3.547
RM-	356	12,5 cm		126	4.203	3.489	
UM-	356	Uniform		135	4.143	2.681	3.403
RH+	721	12,5 cm	X	52	3.991	3.277	
UM+	356	Uniform	X	89	3.938	2.476	3.198
RM+	356	12,5 cm	X	123	3.711	2.997	



Figur 3.84. Nettoresultat II og ukrudtsbiomasse for de afprøvede systemer og mønstre i økologisk dyrket vårhvede i 2008 og 2009 (gns. af de 2 år). Venstre side af figuren er opstillet efter faldende nettoresultat II og højre side af figuren efter stigende ukrudtsbiomasse.

Det fremgår af tabel 3.28 og figur 3.84, at løsningerne med en høj udsædsmængde ($721 \text{ kerner m}^{-2}$) dels har været de mest rentable, dels har givet den bedste undertrykkelse af ukrudtet i de økologiske forsøg. Her er det igen såning på 4-6 cm rækkeafstand, der har givet det bedste resultat (nettoresultat på 4.245 kr. pr. ha). Det fremgår også af tabellen, at der ikke er betaling for mekanisk ukrudtsbekæmpelse ved den høje tæthed. Ved en høj udsædsmængde er den mekaniske bekæmpelse nærmest overflødig, da den ikke giver en væsentlig bedre undertrykkelse af ukrudtet. Ved den lavere tæthed kan den mekaniske bekæmpelse - i kombination med 6 cm rækkeafstand eller uniformt/tilfældigt mønster - sikre en rimelig, men dyr bekæmpelse af ukrudtet. Derimod har den mekaniske ukrudtsbekæmpelse, kombineret med en lav tæthed udsæt på 12 cm rækkeafstand, stort set ingen effekt på ukrudtet (reduceres fra 126 g til 123 g m^{-2}).

Figur 3.85 viser ukrudtsbiomasse og nettoresultat II for de afprøvede systemer og mønstre i vårhvede.



Figur 3.85. Nettoresultat II og ukrudtsbiomasse for de afprøvede systemer og mønstre i vårhvede.

Figur 3.85 viser det beregnede nettoresultat II for såvel konventionel som økologisk dyrkning som funktion af den i forsøgene observerede ukrudtsbiomasse. Det kan f.eks. aflæses af figuren, hvilke løsninger, der for et givet krav til ukrudtsundertrykkelse, er de mest rentable. De røde og blå streger skærer de økonomisk relevante løsninger for henholdsvis konventionel og økologisk dyrkning. Ved økologisk dyrkning afhænger nettoudbyttet i høj grad af, hvor meget ukrudt, der kan accepteres. Kan tærsklen øges fra 40 til 80 g ukrudt m^{-2} , øges nettoresultatet med 500 til 1.000 kr. pr. ha.

For konventionel dyrkning har det tilsyneladende ikke den store økonomiske betydning, om uniform og 4 cm rækkeafstand kan erstattes med tilfældig båndsåning og 6 cm rækkeafstand. For den økologiske dyrkning kan disse alternativer (vist med stiplet rød streg) imidlertid medføre en væsentlig stigning i nettoresultatet. Bredsåning i bånd med og uden ukrudtsharvning kan således øge nettoresultatet med 800 og 300 kr. pr. ha til henholdsvis 3.700 og 4.000 kr. pr. ha ved en afledt ukrudtsbiomasse på 40 og 60 $g m^{-2}$. Dette indikerer, at bredsåning i bånd i kombination med høj udsædsmængde, med eller uden ukrudtsharvning, kan være et interessant alternativ til rækkesået økologisk dyrket vårhvede.

4 Diskussion

4.1 Betydning af forskellige afgrødemønstre

Resultaterne fra forsøg i lille skala i vårhvede 2007 støtter hypotesen om, at en mere ligelig fordeling af afgrøden samt en forøget afgrødetæthed medfører en større reduktion i ukrudtsbiomassen i forhold til normalt rækkemønstre (Weiner *et al.* 2001; Olsen *et al.* 2005a, b; Olsen *et al.* 2006). Resultaterne fra 2007 viste en gennemsnitlig reduktion i ukrudtsbiomassen på 70 % i det mest regelmæssige mønster i forhold til det mindst regelmæssige mønster (uniformt mønster i forhold til 12,5 cm rækkemønstre, der afspejler standard dyrkningspraksis) samt 28 % højere afgrødebiomassen i det uniforme mønster i forhold til 12,5 cm rækkemønstre. Parvise sammenligninger af de forskellige afgrødemønstre viste, at der i de fleste tilfælde var forskel i ukrudtsbiomassen med få undtagelser. Sammenligningen mellem det uniforme mønster og det tilfældige mønster viste ikke nogen forskel på hverken ukrudts- eller afgrødebiomasse, hvilket tyder på, at et afgrødemønster, som er tæt på at være fuldstændigt regelmæssigt, ikke er nødvendigt for at opnå en stor ukrudtsundertrykkende effekt. Derimod kan denne effekt muligvis opnås ved en reduktion af rækkeafstanden alene og eventuelt en forbedret fordeling af planterne inden for rækken eller ved bredsåning. Tidligere forskning er kommet frem til et lignende resultat (Olsen *et al.* 2005b). Resultaterne fra 2007 tydede imidlertid ikke på (jf. tabel 3.2), at en forbedring af fordelingen af planterne inden for rækken (uniformt mønsters rækkeafstand med et Morisita Index svarende til tilfældigt mønster) havde nogen yderligere effekt på ukrudtsundertrykkelsen i forhold til at anvende det uniforme mønsters rækkeafstand med tilfældig fordeling af planterne inden for rækken ("unirow"). Selvom der er forskel på Morisita's Index for disse to afgrødemønstre, så er det ikke så overraskende, at der ikke findes nogen forskel på ukrudts/afgrødebiomassen, da de to afgrødemønstre ligner hinanden meget (se fig. 2.4D og 2.4E).

Resultater fra forsøg med forskellige afgrødemønstre udført i havre ved en tæthed - der omtrent svarer til lav tæthed i lille-skalaforsøgene i nærværende projekt - viste, at jo mere uniformt afgrødemønstret var, desto flere skud og større afgrødebiomasse blev der opnået (Regnier & Bakelana 1995). I det forsøg var der kun sået en ukrudtsplante i centrum af parcellen. Antallet af skud (på ukrudtsplanten) faldt med uniformiteten i afgrødemønstret, men der ikke blev fundet nogen effekt på ukrudtsbiomassen.

Resultaterne tyder på, at planternes vandforsyning spiller en stor rolle for biomasseproduktionen af både ukrudt og afgrøde. Vandmanglen især i 2008 har haft en større negativ indflydelse på ukrudtfremspiring og -vækst og dermed også på ukrudtsbiomasseproduktionen end den har haft på produktionen af afgrødebiomasse. Afgrødeplanterne, der så ud til at lide under tørken i starten af vækstsæsonen, opnåede en biomasse, der var højere end i 2007, hvilket hænger godt sammen med den langt lavere ukrudtsbiomasseproduktion i de to tørre år. Uanset afgrødemønster har afgrøden kunnet udnytte ressourcerne mellem rækkerne i større grad end tilfældet har været i 2007, hvor konkurrencen fra ukrudtet var større.

Konkurrence om lys formodes at være størrelses-asymmetrisk (store planter har en uforholdsmæssig størrelsesfordel i forhold til mindre planter), hvorimod konkurrence om vand og næringsstoffer formodes at være mere størrelses-symmetrisk (Schwinning og Weiner, 1998). Det formodes, at den manglende eller mindre udtalte mønstereffekt i 2008 og 2009 kan forklares ved, at vandmangel resulterer i at konkurrencen bliver mindre størrelses-asymmetrisk. Eller simpelthen det faktum, at da der ikke var ret meget ukrudt i de to tørre år, så spiller afgrødemønstret ikke den store rolle for produktionen af afgrødebiomasse.

Når ukrudt begrænser det potentielle udbytte, vil en forøget undertrykkelse af ukrudtet have en væsentlig effekt på udbyttet (se følgende afsnit).

4.2 Konventionel og økologisk dyrkning

Så længe det er muligt og relativt billigt at anvende herbicider, og herbicidresistens endnu ikke er voldsomt udbredt, bliver ukrudt ikke betragtet som et stort problem for de landmænd, der dyrker jorden konventionelt. Der er imidlertid meget der tyder på, at det besluttet politisk, at anvendelsen af herbicider og andre pesticider skal reduceres yderligere. Det vil kræve nye strategier for ukrudtsbekæmpelse, hvis der evt. indføres et forbud mod brugen af herbicider, da dette vil efterlade landmændene med et stort ukrudtsproblem. Ukrudtsharvning er en mulighed, men kræver flere kørsler i marken samt et forøget brændstofforbrug, der medfører et øget CO₂-udslip.

På den økologiske lokalitet finder vi generelt den laveste ukrudtsbiomasse i det uniforme mønster, men ingen effekt af ukrudtsharvning i dette mønster. Det er vigtigt at huske, at effekten af alle former for ukrudtsbekæmpelse på afgrødevækst og udbytte er betinget af ukrudtstrykket. Hvis der ikke forekommer noget ukrudt eller kun meget lidt, så vil ukrudtsbekæmpelse ikke have en signifikant effekt på udbyttet - heller ikke når bekæmpelsen er effektiv.

Når ukrudt ikke bekæmpes, stiger landmandens frygt for en forøgelse af frøproduktionen og dermed frøpuljen i jorden. Forsøg udført på økologiske lokaliteter, hvor stor rækkeafstand og aggressiv mekanisk ukrudtskontrol blev sammenlignet med lille rækkeafstand og mindre aggressiv ukrudtskontrol viste, at ukrudtsfrøproduktionen faldt ved reduceret rækkeafstand (Mertens 2002). Disse forsøg understøtter, at reduceret rækkeafstand ikke kun har en betydning for den ukrudtsbiomasse, der kan produceres, men også på frøproduktionen og dermed frøpuljen i jorden.

På den konventionelle lokalitet 2008 og 2009 var ukrudtsbiomassen i de usprøjtede parceller henholdsvis 33 % og 74 % lavere i det uniforme mønster ved høj afgrødetæthed (721 planter m⁻²) i forhold til normal praksis (356 planter m⁻² og 12,5 cm rækkeafstand). Disse resultater svarer til, hvad vores tidligere forskning har vist (Weiner *et al.* 2001; Olsen *et al.* 2005a, b; Olsen *et al.* 2006), hvor vi altid har set effekt af afgrødemønstre på ukrudtsbiomassen. I forårsforsøget 2009 blev der ikke fundet nogen effekt på afgrødebiomassen af hverken afgrødetæthed, afgrødemønstre eller herbicidbehandling på den konventionelle lokalitet, mens der var effekt af både afgrødetæthed og afgrødemønstre på afgrødebiomassen på den økologiske lokalitet. Vandmangel på især den konventionelle lokalitet lidt senere på sommeren synes her at være forklaringen på denne forskel. Det er til gengæld sværere at svare på, om vandmangel på den konventionelle lokalitet, også er forklaringen på, at en forøgelse af afgrødetætheden ingen indflydelse havde på ukrudtsbiomassen for

mønstret med 4 cm rækkeafstand, mens ukrudtsbiomassen faldt signifikant for 12,8 cm rækkeafstand ($P=0,036$) og for det uniforme mønster ($P=0,0002$).

Forsøg, hvor effekten af afgrødemønstre eller -tætheder er blevet undersøgt, er som regel blevet udført enten med forskellige afgrødemønstre eller med forskellige afgrødetætheder – ikke begge dele på én gang. Forsøg med forøget afgrødetæthed har oftest resulteret i en reduktion af ukrudtsbiomassen (Radford *et al.* 1980; Tollenar 1994; Doll 1997). Forsøg med mindre rækkeafstand har ligeledes oftest resulteret i en mindre ukrudtsbiomasse (Malik *et al.* 1993; Murphy *et al.* 1996; Teich *et al.* 1993), men Hashem *et al.* (1998) fandt en øget ukrudtsbiomasse ved nedsat rektangularitet af afgrøden (forøget uniformitet), hvilket er i modstrid med Fisher og Miles (1973) teori. Ifølge Scnieders og Lotz (1999) er højden af de konkurrerende arter vigtig for udfaldet af en mindre rækkeafstand. Når afgrøden var højere end ukrudtet resulterede nedsat rækkeafstand i et højere udbytte, mens udbyttet faldt, når ukrudtet var højere end afgrøden.

Den strategi, som vi undersøger, antager, at afgrøden er højere end ukrudtet, når konkurrencen bliver intens. Dette gælder i langt de fleste tilfælde. Flerårigt ukrudt, der vokser fra underjordiske udløbere eller pælerødder, eller såbedsforberedelse, der ikke forebygger, at ukrudtet spirer tidligere end afgrøden, er eksempler på undtagelser.

I vårhvedeforsøgene var der effekt af mønster på den økologiske lokalitet i begge år og på den konventionelle lokalitet i 2009. N-indholdet var højest ved 12,5 cm rækkeafstand. Det kunne tyde på, at planterne i det uniforme mønster og i mønstret med 4 cm rækkeafstand har kunnet udnytte ressourcerne mellem rækkerne tidligere i vækstsæsonen og anvende disse ressourcer til øget vækst, mens planterne i 12,5 cm rækkemønstret først har kunnet udnytte ressourcerne mellem rækkerne på et senere tidspunkt, hvilket har resulteret i et øget N-indhold i kernen. Disse resultater stemmer overens med resultatet af et forsøg, hvor det blev undersøgt, hvilken indflydelse gødningsplaceringen havde på kvælstofoptagelsen. Optagelse af tilført kvælstof i to kornrækker sået på 12 cm rækkeafstand viste, at jo kortere afstanden var mellem rækken og gødningsstrengen, jo hurtigere blev kvælstoffet optaget (Petersen 2005). Andre undersøgelser i vinterhvede understøtter, at forøget rækkeafstand i de fleste tilfælde medfører et forøget indhold af råprotein (Mejnertsen 2005). I vinterhvedeforsøget fra 2008 blev der på den konventionelle lokalitet fundet en effekt af herbicidbehandling på N-indholdet i kernerne. Herbicidbehandling resulterede i ca. 8 % højere N-indhold i kernerne i forhold til ikke-herbicidbehandling. Afgrødebiomassen var ikke signifikant højere i de herbicidbehandlede parceller i forhold til de ikke-herbicidbehandlede parceller. Det kunne tyde på, at der har været en større mængde kvælstof til rådighed for afgrøden på et senere tidspunkt i vækstsæsonen i de herbicidbehandlede parceller, og at dette er blevet allokeret til øget N-indhold i kernen.

Normalt er risikoen for lejesæd større ved en øget udsædsmængde. Canadiske forsøg med øget udsædsmængde og afgrødemønstre i vårhvede (Johnston & Stevenson 2001) har imidlertid vist, at risikoen for lejesæd ikke øges, når den øgede udsædsmængde kombineres med et mere uniformt/ tilfældigt afgrødemønster.

Landsforsøg med reduceret jordbehandling har vist, at såkaldt "discountdyrkning" af vårbyg er et interessant alternativ til traditionel

rækkesåning (Pedersen 2005). Discountmetoden omfattede: Ingen pløjning, såning af egen udsæd med gødningsspreder og nedharvet, ingen svampebekæmpelse og 90 kg N pr. ha. I 2002 dækkede besparelsen rigeligt nedgangen i udbyttet på 5,9 hkg pr. ha i forhold til traditionel dyrkning, og det samme var tilfældet ved tilsvarende forsøg i 2003. I 2004 gav discountmetoden dog et betydeligt større tab, og der kræves flere erfaringer med metoden, før rådgivningstjenesten vil anbefale den.

Ved discountsåning er det ikke kun på overfladen, at afgrødemønstret er tilfældigt fordelt (lateralt), også placering af kernerne i dybden (vertikalt) er tilfældig. Netop den uensartede placering i dybden er kritisk i et tørt forår. Det må derfor forventes, at der for et tilfældigt mønster kan være stor forskel på udbyttet og evt. ukrudtstryk afhængig af, om det tilfældige mønster er etableret som ved discountsåning, eller om det er etableret ved båndsåning, hvor kernerne er placeret tilfældigt i brede bånd, men i samme dybde.

Analogt til forsøget i lille skala i vårhvede 2008 og 2009, mener vi, at en forklaring på den manglende effekt af afgrødemønster på afgrødebiomassen i vårhvede 2008 og i vårhvede 2009 på den konventionelle lokalitet, kunne være, at vandmangel resulterer i at konkurrencen bliver mindre størrelsesasymmetrisk. Tidligere forsøg (Weiner *et al.* 2001; Olsen *et al.* 2005a, b; Olsen *et al.* 2006), som er udført under lignende betingelser, men under mere normale vejrforhold, har vist en negativ effekt på ukrudtsbiomassen ved at så afgrøden i et mere regelmæssigt mønster i stedet for det traditionelle 12,5 cm rækkemønster. Det kunne tyde på, at når vand ikke er en begrænsende faktor, så får effekten af mønster større betydning. En anden mulig forklaring på den svingende effekt af afgrødemønster især på afgrødebiomassen forsøgene imellem, kan hænge sammen med valg af hvedesorter. I de tidligere omtalte forsøg (Weiner *et al.* 2001; Olsen *et al.* 2005a, b; Olsen *et al.* 2006) har der været anvendt vinterhvedesorten Terra med en strå længde på 96 cm og et konkurrence index på 0,9 - 1,14 - 0,97 (2003 - 2004 - 2005 (sortsinfo)) samt vårhvedesorterne Leguan, Baldus, Dragon, Harlekin samt Jack med strå længder på henholdsvis 72 cm, 77 cm, 89 cm, 75 cm og 75 cm (alle data er fra sortsinfo 1998 for sammenligningens skyld). Det er desværre ikke lykkedes at finde oplysninger om vårhvedesorternes konkurrenceindex, hverken for de nye eller de gamle forsøg, en oplysning, der ellers kunne have været nyttig for fortolkning af resultaterne. Det er ikke kun sorterens højde, der er afgørende for deres konkurrenceevne over for ukrudt. Andre faktorer har betydning for de enkelte sorters konkurrenceevne over for ukrudt f. eks bladstilling og hvordan de forskellige sorter reagerer på konkurrencen om lys. Forædling af sorter har muligvis medført en ændring af den fænotypiske plasticitet. Forholdet mellem rødt:infrarødt lys afhænger af lyskvaliteten. Et lavt forhold mellem rødt:infrarødt lys (ved planteskygge) resulterer i øget stængelvækst og mindre blade, det såkaldte "shade-avoidance response". En egenskab, der muligvis ikke er optimal i et dyrkningssystem med høj afgrødetæthed og forøget rumlig uniformitet i afgrødemønstret. Resultater fra forsøg udført i 1998 (Weiner *et al.* 2001) er et eksempel på, at ikke kun plantehøjden er af betydning for konkurrenceevnen. De to sorter, der var lige høje (Harlekin og Jack) viste, at Harlekin var den bedste konkurrent over for ukrudt ved lav afgrødetæthed og Jack var den bedste konkurrent ved høj afgrødetæthed. Da et af formålene med dette projekt har været at sammenligne effekterne af forøget afgrødetæthed og forøget rumlig uniformitet af afgrøden på ukrudtsundertrykkelse i både konventionel og økologisk dyrkning af vår- og vinterhvede, har vi i disse forsøg valgt at anvende de samme moderne højtydende hvedesorter, som har været

tilgængelige på markedet for landmændene. Moderne hvedesorter er blevet selekteret til at klare sig godt under et højt gødningsniveau og kemisk ukrudtsbekæmpelse og vil typisk være en lav plante med lille konkurrenceevne overfor ukrudt og en høj reproduktiv allokering. Dette er ikke egenskaber, der er egnet til et højtæthed-uniformt dyrkningssystem. Sorter med stor tilvækst i starten af vækstsæsonen og med mere horisontale blade vil - alt andet lige - være bedre i stand til at skygge for ukrudtet end sorter med en lavere vækstrate og mere oprette blade. De moderne højtydende sorter selekteres ikke efter horisontale blade, hvilket kan være en af årsagerne til, at vi ikke ser så stor effekt af afgrødemønstre på afgrødebiomassen i forsøgene. Det tyder på, at der er en mulighed for at kunne udvikle sorter, der er egnet til dyrkning ved høj tæthed og mere regelmæssigt mønstre.

4.3 Simulering af forskellige afgrødemønstre

En del af formålet med projektet har været at kvantificere, hvordan ændringer i rækkeafstand og fordelingen af planter inden for rækken påvirker den 2-dimensionelt rumlige uniformitet af afgrøden. Til det formål blev der computersimuleret en række forskellige afgrødemønstre med forskellige rækkeafstande og forskellige fordelinger af planter inden for rækken. Fordelingen af planter inden for rækken afhænger af hvilken type såmaskine, der er blevet brugt til såning. Præcisionssåning, der giver den bedste fordeling af planter inden for rækken, er en dyr løsning for korn og raps, som normalt sås ved en forholdsvis lille rækkeafstand. Simuleringen viste, at et 2-dimensionelt tilfældigt mønster medfører en stor forbedring af uniformiteten sammenlignet med standard rækkemønstre, men også at den strategi, der bedst optimerer uniformiteten, afhænger af arten, afgrødetætheden og rækkeafstanden og den anvendte såteknik. Den største indflydelse på uniformiteten i korn, majs og roer opnås ved at reducere rækkeafstanden, mens præcisionssåning vil forbedre uniformiteten mest for raps, da rektangulariteten (forholdet mellem rækkeafstanden og den gennemsnitlige afstand mellem planter inden for rækken) for raps i forvejen er lav. Konturlinier med Morisita's Index = 1 indikerer mønstrene med en uniformitetsgrad svarende til et tilfældigt mønster. Det tilfældige mønster opnås, når fordelingen af planter inden for rækken er tilfældig ($CV=1$) og rektangulariteten er 0. Når rækkeafstanden forøges falder uniformiteten. Det betyder, at hvis afgrøden er sået i rækker, kan en uniformitetsgrad bedre end tilfældigt mønster kun opnås ved en forbedring af fordelingen af planter inden for rækken ($CV < 1$). En uniformitetsgrad svarende til et tilfældigt mønster kan opnås op til en rektangularitet på omkring 5, hvis CV inden for rækken = 0. Grundet den komplekse struktur i genereringen af afgrødemønstrene afviger de opnåede resultater lidt fra de teoretiske forudsætninger (konturlinien $I_s=1$ skulle skære y-aksen ved $CV=1$). På trods af disse små afvigelser giver resultatet af simuleringen et indblik i, hvilke muligheder der er for at forbedre plantevæksten i relation til intra-specifik konkurrence og ressourceudnyttelse.

4.4 Økonomi

De økonomiske analyser er foretaget på resultater fra vårhvedeforsøg fra to år, hvor det var forholdsvis tørt. I år med mere "normale" vejrforhold kan det ikke udelukkes, at resultaterne vil se anderledes ud. Analyserne har vist, at der ikke kun er en løsning, der giver både det bedste økonomiske resultat og den bedste ukrudtsbekæmpelse. Ved valg af løsning er det nødvendigt at holde en

økonomisk gevinst på kort sigt op mod andre omkostninger (f. eks. det resulterende ukrudtstryk) på lang sigt.

Forsøgene har vist, at ved at udskifte de traditionelle systemer, hvor rækkeafstanden er 12 cm, med såning i tilfældigt eller uniformt mønster, kan man opnå et højere udbytte og en bedre undertrykkelse af ukrudtet. Det er imidlertid meget tidskrævende og kræver specielle og dyre såmaskiner at etablere et uniformt afgrødemønster, men udvikling af såmaskiner til dette formål vil kunne løse dette problem.

For både konventionel og økologisk dyrket vårhvede er der perspektiver i at reducere rækkeafstanden, da såning i smalle rækker (4 cm) med en traditionel såmaskine var lige så økonomisk rentabelt som uniformt eller tilfældigt mønster. Dette indikerer, at der ikke er behov for at udvikle billigere og mere effektive såmaskiner for at etablere et tilfældigt eller et uniformt afgrødemønster i korn, men at en tilpasning af eksisterende maskiner til en rækkeafstand på 6 cm eller båndsåning i fuld bredde vil være økonomisk interessante løsninger.

For den konventionelt dyrkede vårhvede gav løsninger med middel tæthed udsået på 4-6 cm rækkeafstand uden ukrudtsbekæmpelse det bedste nettoresultat. Når der skulle opnås en god undertrykkelse af ukrudtet, var det den samme løsning plus kemisk ukrudtsbekæmpelse, der gav det bedste økonomiske resultat. I forhold til normal praksis gav løsningen med herbicider en besparelse på 200 kr. pr. ha. For den konventionelle produktion påvirkes valget ikke væsentligt af muligheden for at anvende de nye systemer. Ukrudtet bekæmpes i dag effektivt med herbicider og de nye systemer forbedrer økonomien minimalt. En forbedret og økonomisk fordelagtig ukrudtsbekæmpelse kan opnås med øget udsædsmængde fremfor en øget uniformitet med nye eller tilpassede såmaskiner. De nye systemer bliver interessante for konventionel dyrkning, hvis samfundet ønsker at reducere pesticidforbruget.

For den økologisk dyrkede vårhvede rummer de nye systemer større perspektiver, da en kombination af høj tæthed og regelmæssigt mønster eller reduceret rækkeafstand gav det bedste nettoresultat med en forbedring på mere end 500 kr. pr. ha i forhold til normal dyrkningspraksis. Sammenlignet med de nuværende systemer, kan de nye systemer altså tilbyde enten en billigere og bedre ukrudtsbekæmpelse eller en billigere og mere skånsom ukrudtsbekæmpelse.

En række forhold skal dog tages i betragtning. Forsøgene har vist god effekt af de nye systemer på enårigt ukrudt, men de nye systemer kan, jf. afsnit 4.2, næppe løse problemer med flerårigt (rod) ukrudt, der kan være et alvorligt ukrudtsproblem i den økologiske produktion. Det skal ligeledes tages i betragtning, at der i mange tilfælde etableres udlæg i den økologiske vårsæd. I bedste fald kan båndsåning eller såning på tætte rækker øge udbyttet og overflødig gøre ukrudtbekæmpelsen i den økologiske vårsæd med udlæg. I værste fald vil afgrøden udkonkurrere udlægget.

4.5 Vejrforhold

En del af forsøgene i vårsæd har været præget af vandmangel. I Danmark forventes klimaændringer at resultere i mere nedbør om vinteren og mindre nedbør om sommeren. Udbyttet afhænger af vækstperioden, daglig

produktion i vækstperioden og andel af tørstofproduktion, der går til høstbart udbytte. Det forventes, at klimaændringer vil resultere i mere variable vejrforhold som f.eks længere tørkeperioder og stigning i nedbørsintensiteten. Forøget indstråling og CO₂-indhold vil øge udbyttet, mens højere temperatur om sommeren vil reducere længden af den aktive vækstperiode. Den højere temperatur resulterer i at afgrøden (korn) modner tidligere, hvilket vil reducere udbyttet (Olesen 2010).

Hvis klimaændringerne kommer til at holde stik, kan det meget vel vise sig, at vejrforholdene og dermed resultaterne i de to tørre forsøgsår kommer til at afspejle de fremtidige produktionsforhold.

5 Konklusion

I dette 3-årige projekt er det blevet undersøgt, hvilken effekt forskellige afgrødemønstre og -tætheder har på ukrudtsundertrykkelse og økonomi, behovet for udvikling af nye dyrkningssystemer/såmaskiner samt en computersimulering af forskellige afgrødemønstre for at finde ud af, hvordan uniformitetsgraden i afgrødemønstret kan forbedres for forskellige afgrøder.

Forøget afgrødetæthed og rumlig uniformitet i kornafgrøder kan bidrage til en reduktion i ukrudtsbiomasse (og ukrudtsfrø) og dermed også til en reduktion i herbicidanvendelsen. I forhold til en ukrudtsfri mark vil tilstedeværelse af ukrudt resultere i et udbyttetab. Ved en forøgelse af afgrødetætheden vil afgrødebiomassen forøges og ukrudtsbiomassen reduceres, hvilket resulterer i et mindre udbyttetab i forhold til normal udsædsmængde. Forøget rumlig uniformitet i afgrødemønstret resulterer også i en reduktion af ukrudtsbiomassen og et mindre udbyttetab i forhold til almindelig rækkesåning i langt de fleste tilfælde. Ved vandmangel er effekten af afgrødemønstret ikke så stærk. I år hvor afgrøden ikke lider under tørke især i starten af vækstsæsonen, har disse og tidligere forsøg vist, at afgrøden tidligere vil kunne dække jorden, at konkurrenceevnen over for ukrudt bliver forøget, samt at effekten af et mere regelmæssigt mønster (i forhold til rækkemønstre over for undertrykkelse af ukrudt) er mere udtalt.

Resultaterne har vist, at der ikke er tale om en tærskelgrad, men om en kontinuert effekt af både tæthed og rumlig uniformitet. Det betyder, at forøget afgrødetæthed og rumlig uniformitet i nogen grad kan bruges til at nedsætte herbicidforbruget, hvis landmændene eller samfundet vil.

Computersimuleringen viste, at for at øge uniformitetsgraden i kornafgrøder har det størst betydning at reducere den nuværende rækkeafstand. For raps vil en forbedring af uniformitetsgraden bedst kunne opnås ved en mere ensartet fordeling af planterne inden for rækken.

Dyrkningsteknik, udsædsmængde og afgrødemønstre har også stor økonomisk betydning. Forsøgene har således vist, at en øget udsædsmængde og et forbedret afgrødemønster er økonomisk effektive midler til at undertrykke ukrudtet i vårhvede. En forøget udsædsmængde har i sig selv givet de bedste resultater, men effekten forstærkes yderligere, når den øgede udsædsmængde kombineres med en reduceret rækkeafstand.

En reduceret rækkeafstand kan opnås ved en simpel tilpasning af de eksisterende såmaskiner (med brug af kendt teknologi og eksisterende reservedele). Udvikling af helt nye såmaskiner er derfor ikke en nødvendig forudsætning for et forbedret afgrødemønster. Hvis det besluttes, at pesticidforbruget skal reduceres væsentligt, kan det blive aktuelt med en yderligere udvikling og forbedring af såmaskinerne for at kunne opnå et mere uniformt mønster og dermed en bedre undertrykkelse af ukrudtet.

I de økologiske forsøg har en øget udsædsmængde mere end halveret ukrudtsbiomassen og forbedret nettoresultatet med 300 kr. pr. ha sammenlignet med en traditionel udsædsmængde. Når den øgede

udsædsmængde kombineres med en reduceret rækkeafstand forbedres resultatet med yderligere 450 kr. pr. ha. Med en sådan løsning vil det endog være forsvarligt at undlade den mekaniske ukrudtsbekæmpelse.

I de konventionelle forsøg har kemisk ukrudtsbekæmpelse vist sig som et billigt og effektivt middel til sikre et højt udbytte og til at bekæmpe ukrudtet i vårhvede. Sammenlignet med de bedste ikke kemiske alternativer har den kemiske ukrudtsbekæmpelse halveret ukrudtsbiomassen og forbedret nettoresultatet med ca. 100 kr. pr. ha. Kombinationer af herbicider og reduceret rækkeafstand kan forbedre resultatet med op til 170 kr. pr. ha og stort set eliminere ukrudtsbiomassen. I en situation med dyrere eller mindre effektive herbicider (afgifter, forbud og resistensproblemer) kan sådanne kombinationer blive særdeles attraktive.

En forøget afgrødetæthed og uniformitet kan ikke i dag overflødiggøre herbiciderne i konventionel dyrkning, men dels medvirke til en mindre afhængighed af herbicider i den konventionelle kornproduktion, dels medvirke til en forbedret økonomi i den økologiske produktion og derigennem fremme en omlægning til økologisk produktion, med deraf følgende reduceret pesticidanvendelse i dansk landbrug.

6 Perspektivering

Landmænd og forskere er nødt til at være kreative og undersøge nye muligheder, hvis vi vil reducere pesticidanvendelsen væsentligt. Man kan ikke bare reducere anvendelsen af herbicider uden samtidig at ændre de nuværende dyrkningssystemer. Det vil føre til en høj ukrudtsbiomasse i marken og dermed et stort udbyttetab. Gentagen anvendelse af samme type ukrudtsmiddel vil fremskynde udvikling af herbicidresistens. Det er derfor nødvendigt at udvikle nye dyrkningmetoder, der tillader et reduceret herbicidforbrug.

Forøget afgrødetæthed er nøglen til at udnytte afgrødens konkurrenceevne over for ukrudt. Når afgrødetætheden forøges resulterer det i en forøget undertrykkelse af ukrudt i marken. En forøget rumlig uniformitet af afgrøden er ligeledes nødvendig for at undgå, at konkurrencen inden for afgrødepopulationen stiger mere med afgrødetætheden end konkurrencen mellem afgrøde og ukrudt. EU's definition på integreret plantebeskyttelse (IPM) er udmøntet i 8 generelle principper, som skal følges af professionelle brugere (Kudsk 2010). Ovennævnte dyrkningsmetode vil kunne bidrage til opfyldelse af tre af principperne: **1) Forebyggelse og/eller bekæmpelse af skadegørere bør foregå ved hjælp af flere metoder, f.eks. sædskifte, hensigtsmæssige dyrkningsmetoder, resistente/tolerante sorter og beskyttelse af nytteorganismer, 2) Ikke kemiske metoder skal foretrækkes frem for pesticider, hvis de er tilstrækkeligt effektive og 3) Anvendelse af nedsatte doseringer og færre behandlinger, når det er muligt.**

6.1 Anvendelsesmæssig perspektivering

Resultaterne af dette projekt har vist, at den største effekt på undertrykkelse af ukrudt opnås ved at forøge afgrødetætheden. En forøgelse af afgrødetætheden kan ikke stå alene, da en meget høj afgrødetæthed vil resultere i en større konkurrence afgrødeplanterne imellem. Det er nødvendigt også at forbedre uniformiteten i afgrødemønstret. Det har vist sig, at et fuldstændigt regelmæssigt mønster er ikke nødvendigt for at forøge undertrykkelse af ukrudt væsentligt. Resultaterne fra simuleringen, der viste, at en reduktion i rækkeafstanden til 4 cm for kornafgrøder vil forbedre uniformiteten af afgrødemønstret samt resultaterne af de økonomiske analyser, hvor både det økologiske og det konventionelle system viste, at det var økonomisk rentabelt at reducere rækkeafstanden til 4-6 cm antyder, at der kunne være perspektiver i at udvikle en såmaskine med en mindre rækkeafstand. At konstruere en såmaskine med 6 cm rækkeafstand (halv normalrækkeafstand) burde ikke være en teknisk svær opgave for maskinproducenter, da det formentlig kun vil kræve en minimal tilpasning af eksisterende maskiner. Erfaringerne fra projektet har f.eks. vist, at selv en simpel ombygning af såmaskinerne har krævet en ekstra afstivning og finjustering af afstande mellem første og anden bom med såskær. En driftig landmand vil evt. selv kunne tilpasse maskinerne. For at få maskinfabrikanter til at serieproducere og markedsføre de tilpassede maskiner, vil det kræve en grundig afprøvning og finjustering af systemerne. Det vil desuden være relevant med en afprøvning på forskellige jordtyper, med forskelligt ukrudtstryk, med og uden udlæg, forskellig udsædsmængde og

i forskellige dyrkningssystemer (pløjet og pløjefri, med og uden halmrester, mekanisk, kemisk eller ingen ukrudtsbekæmpelse osv.).

Hvad landmænd og industri gør, er et resultat af interaktion mellem viden, økonomi og politik (regulering og støtteordninger). Hvis samfundet kræver, at herbicidanvendelse skal reduceres væsentligt, kan det blive rentabelt at udvikle, sælge og bruge nye eller tilpassede typer af såmaskiner. Forskere kan komme med løsningsforslag, men det er det omgivende samfund der bestemmer, hvilke muligheder, der kan/skal tages i anvendelse.

6.2 Forskningsmæssig perspektivering

Resultaterne af de økonomiske analyser bygger alene på to års udbytteforsøg i vårhvede. Hvede er valgt som afgrødeplante i dette projekt, da det antages, at hvede er en dårligere konkurrent over for ukrudt end f.eks byg, og at det må forventes, at hvis systemet fungerer i hvede, så vil det også fungere i byg. Da systemet kun er afprøvet i vår- og vinterhvede, vil det være oplagt at teste om det rent faktisk fungerer i andre afgrøder som f.eks byg og majs.

I de konventionelle forsøg er systemerne kun afprøvet med eller uden herbicidbehandling. Systemerne er ikke afprøvet ved nedsatte doseringer, men det kunne være relevant at teste de afprøvede systemer ved forskellige nedsatte herbiciddoser.

Forøget afgrødetæthed betyder en højere total biomasse i marken, især tidlig i vækstsæson, hvilket medfører forøget bæredygtighed, da det betyder større input af organisk stof til jorbunden. Mere ukrudt i marken behøver ikke nødvendigvis at føre til en voldsom forøgelse af frøpuljen i jorden, da ukrudtet er undertrykt af den højere afgrødetæthed, forbliver små og med en beskedent frøproduktion. Flere ukrudsarter i marken danner desuden fødegrundlag for et rigere dyreliv. Bar jord er årsag til mange af det moderne landbrugs negative effekter på miljø og jordbundsfrugtbarhed, f. eks. erosion, udvaskning af næringsstoffer samt reduceret organisk materiale. En lille biomasse i marken i kombination med gødning og pesticid giver højt udbytte på kort sigt, men lavere potentielt udbytte på længere sigt, d.v.s. at det nuværende dyrkningssystem giver et højt udbytte, men det er ikke bæredygtigt. Anvendelsen af kunstgødning og pesticider er steget for at kompensere for en reduceret bæredygtighed: Det moderne landbrugs onde cirkel. Hvis vi kan udvikle et "højtætheds-dyrkningssystem", vil der være større muligheder for at kunne bibeholde eller forbedre jordens frugtbarhed, samtidig med at jordbrugets negative effekter på miljøet kan reduceres.

Det næste skridt i denne udvikling handler om genetik. Høj afgrødetæthed og rumlig uniformitet samt reduceret eller ingen kemisk ukrudtsbekæmpelse er et helt andet miljø for afgrøden. Det er ret usandsynligt, at de kornsorter, der er blevet udviklet i de sidste årtier ved lav tæthed, i rækker og med stort herbicidforbrug, vil være optimale i et ikke-kemisk højtætheds-uniformt dyrkningssystem. Det er næppe muligt via planteforædling at forbedre egenskaber eller træk, som allerede er blevet favoriseret gennem millioner af års naturlig selektion. Derimod må der eksistere et endnu ikke udnyttet potentiale for at forbedre afgrødeegenskaber ved at selekere for egenskaber, der kan øge det totale udbytte ved at reducere planters individuelle fitness. Udbytte er en populationsegenskab og landmænd interesserer sig ikke for udbytte på individniveau. Planteforædling har traditionelt været baseret på individuel selektion. I det højtætheds-uniforme dyrkningssystem bør

planteformering derfor baseres på gruppe- og ikke individuel selektion. Selektion og formering af "højtæthedsorter" er nødvendigt for at kunne videreudvikle systemet (Weiner *et al.* 2010).

En ny hypotese er, at ændret planteadfærd kan resultere i en forøget individuel fitness, som sker på bekostning af populationsudbyttet. Et eksempel på fænotypisk plasticitet er det såkaldte "shade-avoidance response", hvor planter strækker sig, når de udsættes for ændret lyskvalitet (lavt forhold mellem rødt og infrarødt lys) fra skygge eller refleksion. Et nyligt opstartet projekt (KU Stjerneprogram) har bla. som formål, at undersøge om reduceret fænotypisk plasticitet kan forøge ukrudtsundertrykkelsen og give et højere udbytte ved høj afgrødetæthed og øget uniformitet i afgrødemønstret.

Strategien vi peger på kan ikke stå alene. En vigtig strategi for en effektiv ukrudtsbekæmpelse ved reduceret herbicidanvendelse er sædskiftet. De store perspektiver for reduceret herbicidanvendelse i korn skal sandsynligvis findes som en kombination af et godt sædskifte, høj afgrødetæthed og øget uniformitet i afgrødemønstret. Vi har brug for bedre og mere udførlige undersøgelser af sædskiftets betydning både for udbytte og ukrudtbekæmpelse.

Udover usikkerheden om, hvad eventuelle klimaændringer vil komme til at betyde fremover, så er et relevant spørgsmål: Hvordan vil høj afgrødetæthed og forøget rumlig uniformitet påvirke udbredelsen af især svampesygdomme, men også skade-/nyttedyr i afgrøden? Det er ikke noget, der er blevet undersøgt nærmere i dette projekt eller tidligere (Weiner *et al.* 2001; Kristensen *et al.* 2005; Olsen *et al.* 2005a,b; Olsen *et al.* 2006; Kristensen *et al.* 2008), men udvikling af svampesygdomme har ikke været et større problem i forsøgene, hverken ved høj eller lav tæthed eller i de forskellige afgrødemønstre. Mens nogle undersøgelser har vist, at høj tæthed påvirker mikroklimaet og kan forøge infektion og spredning af sygdom (Burdon & Chilvers 1977; Chaube & Pundhir 2005), så har andre undersøgelser vist en højere sygdomsfrekvens ved lav afgrødetæthed (se Olesen *et al.* 2008). I et forsøg med vinterhvede blev det bla. undersøgt, hvilken indflydelse rækkeafstand og tæthed havde på meldug og septoria. Der var en tendens til, at melduginfektionen var højest ved stor rækkeafstand (18 cm) og lav tæthed (101 kg/ha), mens der ikke var effekt af rækkeafstand for septoria. I otte ud af 13 tilfælde var der ingen effekt af tætheden på infektionstrykket af septoria, i fire tilfælde steg infektionstrykket med tætheden og i et enkelt tilfælde faldt det med tætheden (Broscious *et al.* 1984). Selvom det generelt antages, at smittetrykket stiger med afgrødetætheden, så har forsøg med septoria vist, at smittetrykket både kan stige og falde med afgrødetætheden, og at resultaterne må skyldes en korrelation mellem afgrødetætheden og N-indholdet i bladene (Bjerre *et al.* 1998; Olesen *et al.* 2008). Ved kommerciel dyrkning af hvede er melduginfektionen oftest størst ved medium tæthed. Det antages, at svampebekæmpelsen er mere effektiv ved lav tæthed og at infektionstrykket dermed bliver lavere. Ved høj tæthed antages det, at en lavere N-koncentration i afgrøden er årsag til det lavere smittetryk (Bjerre *et al.* 2006). En høj afgrødetæthed sået i et uniformt mønster giver en bedre afgrødefordeling end en tilsvarende tæthed i almindeligt rækkemønstre. Når ukrudtet ikke sprøjtes væk vil det – alt andet lige – give en tættere bundflora. Om dette vil resultere i en større smittespredning, eller om den højere tæthed kan medvirke til, at sporer ikke spredes så let med regnplask, er endnu ikke undersøgt nærmere. Det forventes, at forskellige sygdomme vil reagere forskelligt på forøget afgrødetæthed og uniformitet. I et uniformt mønster er

afgrødeplanterne så langt fra hinanden, som det er muligt ved den pågældende tæthed. Det betyder, at bladkontakten planterne imellem begynder senere og bliver mindre end i et traditionelt rækkemønster. Dette vil muligvis kunne reducere smitte af nogle sygdomme. Til gengæld vil høj tæthed og uniformitet føre til højere fugtighed under afgrøden, som muligvis vil kunne fremme andre sygdomme eller eventuelt medføre større høstbesvær. Spørgsmålet er helt uudforsket.

7 Referencer

Ballaré, C.L. 1994. Light gaps: sensing the light opportunities in highly dynamic canopy environments. In ***Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants***. (eds M.M. Caldwell & R.W. Pearcy), pp. 73-110. Academic Press, San Diego.

Bjerre, K.D., Jørgensen, L.N. and Olesen, J.E. 2006. Site-Specific Management of Crop Diseases. I: A. Srinivasan (Ed.) Handbook of precision agriculture: principles and applications. The Hayworth Press, USA: 207- 251.

Bleasdale, J.K.A. 1984. ***Plant Physiology in Relation to Agriculture***. MacMillan Press, London.

Boekholt, K. 1958. Zur Frage der Drillweite im Getreidenanbau. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Vol. 105, p. 395-408.

Broschous, S.C., Frank, J.A. and Frederick, J.R. 1984. Influence of Winter Wheat Management Practices on the Severity of Powdery Mildew and Septoria Blotch in Pennsylvania. *Phytopathology* 75: 538-542.

Burdon, J.J. and Chilvers, G.A. 1977. Controlled Environment Experiments on Epidemic Rates of Barley Mildew in Different Mixtures of Barley and Wheat. *Oecologia* 28: 141-146.

Chaube, H.S. and Pundhir, V.S. 2005. ***Crop Diseases and Their Management***, PHI: 703.

Diggle, P.J. 2003. ***Statistical Analysis of Spatial Point Patterns***. Oxford University Press, Oxford.

Doll, H. 1997. The ability of barley to compete with weeds. *Biological and Agricultural Horticulture* 14: 43-51.

Erviö, L.-R. 1972. Growth of weeds in cereal population. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 44: 19-27.

Fischer, R.A. and Miles, R.E. 1973. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. *Mathematical Biosciences* 43: 88-94.

Griepentrog, H.-W. 1995. Längsverteilung von Sämaschinen und ihre Wirkung auf Standfläche und Ertrag bei Raps. *Agrartechnische Forschung* 1: 129-136.

Griepentrog, H. W., Olsen, J. M. and Weiner, J. 2009. The Influence of Row Width and Seed Spacing on Uniformity of Plant Spatial Distributions. In: Proceedings 67th International Conference on Agricultural Engineering (Land-Technik AgEng2009) - Innovations to meet future challenges, 6.11.2009 Hanover, Germany, VDI-Verlag, Dusseldorf, Germany, p.265-270, VDI-Berichte Nr. 2060.

- Hashem, A., Radosevich, S.R. & Roush, N.L. 1998. Effect of proximity factors on competition between winter wheat (*Triticum aestivum*) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Weed Science* 46: 181-190.
- Hutchings, M.J. and de Kroon, H. 1994. Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. *Advances in Ecological Research* 25: 159-238.
- Håkansson, S. 1997. Competitive effects and competitiveness in annual plant stands. 1. Measurement methods and problems related to plant density. *Swedish Journal of Agricultural Research* 27: 53-73.
- Johnston, A.M. og Stevenson, F.C. 2001. Wheat seeding rate for spread and distinct row seed placement with air seeders. *Canadian Journal of Plant Science*, Volume 81, Number 4.
- Kristensen, L., Olsen, J., Weiner, J., Griepentrog, H.-W. and Nørremark, M. 2005. Describing the spatial pattern of crop plants with special reference to crop-weed competition studies. *Field Crops Research* 96: 207-215.
- Kristensen, L., Olsen, J.M. and Weiner, J. 2008. Crop Density, Sowing Pattern, and Nitrogen Fertilization Effects on Weed Suppression and Yield in Spring Wheat. *Weed Science* 2008 56:97-102.
- Kudsk, P. 2010. Integreret plantebeskyttelse – hvad er det nu lige det er? I *Plantekongres 2010 – Integreret plantebeskyttelse er på vej*, 12-14.1.2010 Herning, Danmark: 146-147.
- Malik, V.S., Swanton, C.J. & Michaels, T.E. 1993. Interaction of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, row spacing, and seed density with annual weeds. *Weed Science* 41: 62-68.
- Mead, R. 1966. A relationship between individual plant spacing and yield. *Annals of Botany* 30: 301-309.
- Mejnertsen, P. 2005. Kvaliteten af økologisk brødhvede kan forbedres ved dyrkning på øget rækkeafstand. (www.landbrugsinfo.dk/Oekologi/Planteavl/Afgroeder/Korn/Vaarhvede)
- Mertens, S.K. 2002. On weed competition and population dynamics: consideration for crop rotations & organic farming. PhD Thesis. pp 136.
- Mohler, C.L. 1996. Ecological bases for the cultural control of annual weeds. *Journal of Production Agriculture* 9: 468-474.
- Mohler, C.L. 2001. Enhancing the competitive ability of crops. In *Ecological Management of Agricultural Weeds* (eds M. Liebman, C.L. Mohler & C.P. Staver), pp. 269-321. Cambridge University Press, Cambridge.
- Murphy, S.D., Yakubu, Y., Weise, S.F. and Swanton, C.J. 1996. Effect of planting patterns and inter row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. *Weed Science* 44: 856-870.

- Olesen, J.E., Jørgense, L.N., Jensen, P.K., Thomsen, A.G. and Jensen, J.E. 2008. Sensor-based graduation of fungicide application in winter wheat. Danish Ministry of the Environment. Volume 116.
- Olesen, J.E. 2010. Klimaændringers betydning for afgrødeproduktionen i Europa. I Plantekongres 2010 - produktion, miljø og natur, 12-14.1.2010 Herning, Danmark: 146-147.
- Olsen, J., Kristensen, L. and Weiner, J. 2005a. Effects of density and spatial pattern of winter wheat on suppression of different weed species. *Weed Science* 53: 690-694.
- Olsen, J., Kristensen, L., Weiner, J. and Griepentrog, H.W. 2005b. Increased density and spatial uniformity increase weed suppression by spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Research* 45: 316-321.
- Olsen, J., Kristensen, L. and Weiner, J. 2006. Influence of sowing density and spatial pattern of spring wheat (*Triticum aestivum*) on suppression of different weed species. *Weed Biology and Management* 6: 165-173.
- Pedersen, S.M. 2003. Precision farming – Technology Assessment of site-specific input application in cereals, Department of Manufacturing Engineering and Management, IPL, Technical University of Denmark: 343
- Pedersen, C.Å. 2005. Oversigt over Landsforsøgene - Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger 2005. Dansk Landbrugsrådgivning.
- Petersen, J. 2005. Kvælstofoptagelse i afgrøde og ukrudt ved placeret handels- og husdyrgødning. I Plantekongres 2005 – 11.3.3 Gødskning og planteernæring.
- Radford, B.J., Wilson, B.J., Cartledge, O. and Watkins, F.B. 1980 Effects of wheat seeding rate on wild oat competition. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 20: 77-81.
- Rasmussen, I.A. and Hansen, P.K. 2005. Index beregner hvor godt økologisk vårbyg konkurrerer med ukrudt. Nyhedsbrev fra Forskningscenter for Økologisk Jordbrug. Juni 2005, nr. 3
- Regnier, E.E and Bakelana, K.B. 1995. Crop Planting Pattern Effects on Early Growth and Canopy Shape of Cultivated and Wild Oats (*Avena fatua*). *Weed Science* 43: 88-94.
- Ripley, B.D. 1981. *Spatial Statistics* Wiley.
- Schnieders, B.J. & Lotz, LAP 1999. Effects of spatial arrangements on competition between prostrate growing witloof chicory and the erect growing *Senecio vulgaris*. In: A Quantitative Analysis of Inter-Specific Competition in Crops with a Row Structure (ed. BJ Schnieders). 9-30.
- Schwinning, S. and Weiner, J. 1998. Mechanisms determining the degree of size-asymmetry in competition among plants. *Oecologia* 113: 447-455.

- Teich, A.H., Smid, A., Welacky, T & Hamil, A. 1993. Row-spacing and seed-rate effects on winter wheat in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science* 73: 31-35.
- Tollenaar, M. Dibo, A.A. Aguilera, A. Weise, S.F. and Swanton, C.J. 1994. Effect of crop density on weed interference in maize. *Agronomy Journal* 86: 591-594.
- Wax, L.M. and Pendelton, J.W. 1968. Effect of row spacing on weed control in soybeans. *Weed Science* 15: 462-465.
- Weiner, J. 1990. Asymmetric competition in plant populations. *Trends in Ecology and Evolution* 5: 360-364.
- Weiner, J., Griepentrog, H.-W. and Kristensen, L. 2001. Suppression of weeds by spring wheat (*Triticum aestivum*) increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology* 38: 784-790.
- Weiner, J., Andersen, S.B., Griepentrog, H.W., Olsen, J.M. og Wille, W. 2010. Ukrudtsbekæmpelse gennem afgrødetæthed og regelmæssig placering. I: *Plantekongres 2010 med produktion, miljø og natur, 12-14.1.2010 Herning, Danmark*:184-185.
- Weiner, J., Andersen, S.B., Wille, W. K.-M., Griepentrog H.W. og Olsen, J.M. Evolutionary Agroecology - the potential for cooperative, high density, weed-suppressing cereals. *Evolutionary Applications*. In press.
- Ørum, J.E. 2003. Driftsøkonomisk analyse af reduceret pesticidanvendelse i dansk landbrug – en opdatering af Bicheludvalgets analyser. Rapport nr. 163, Fødevareøkonomisk Institut: 147.

1 Scriptfiler i Matlab til generering af afgrødemønstre

1.1 Script-filer til afgrødemønstre med $CV > 0$

1.2 Pwlicdf.m

```
function xs = pwlicdf(pwl_distr, ps)
%Piece-Wise Linear (and Continuous) Inverse Cumulative (Probability)
%Density Function.
%This function returns the inverse of the CDF specified by PWL_DISTR
for
%the probability integrals contained in PS.
%The return value XS is the x-values corresponding to the probability
%integrals specified in PS (according to the distribution specified in
%PWL_DISTR).

%PS can be a scalar, vector or matrix. Each element must be real and within
%the range 0 to 1 (probability integrals).

%PWL_DISTR is the probability distribution specified as (x, cdf) pairs.
%Linear interpolation is used between these points.
%There must be a start CDF value of 0 and an end value of 1.
%The x values must be strictly monotonous (increasing) - i.e. discrete
%values are not supported (sides of dice, Dirac delta functions in density
%function, ...). ??Change in future version? (Should be OK with
%PWLICDF_NO_CHECK, but argument validation becomes more
%difficult).

%If a problem with the arguments is detected, then program execution is
%terminated (with an appropriate error message).

%XS will have the same dimension as PS and contain the x values
%corresponding to the input p integrals.

%See also the MATLAB function ICDF (Statistics Toolbox).

rc_dist = pwlicdf_check_distribution(pwl_distr);
if rc_dist
    fprintf('Error reported by PWLICDF_CHECK_DISTRIBUTION
(rc=%f).\n', rc_dist);
    error('Problem with distribution matrix.');
```

```
end;

[N_rows, N_cols] = size(ps);
```

```

%Check the probability (integral) "matrix".
for i = 1:N_rows
    for j = 1:N_cols
        rc_p = pwlicdf_check_p_integral(ps(i,j));
        if rc_p
            fprintf('Probability integral problem reported by
PWLICDF_CHECK_P_INTEGRAL\n');
            fprintf(' (i=%i, j=%i, p=%f, rc=%f).\n', i, j, ps(i,j), rc_p);
            error('Probability integral problem.');
```

1.3 Pwlicdf_check_distribution.m

```

function rc = pwlicdf_check_distribution(pwl_distr)
%This function takes a Piece-Wise Linear (and Continuous) Cumulative
%(Probability) Density Function specified as (X, CDF) pairs in a matrix,
%and checks whether the values are valid.
%It tests ...
%It returns zero if no error found, otherwise non-zero or it terminates
%program execution.

rc = 0; %So far no errors detected ...

%Check dimensions!
w = size(pwl_distr);
if (w(2) ~= 2)
    rc = -1;
    error('Wrong dimension of distribution matrix');
```

```

x_b = pwl_distr(i+1, 1);

if (x_a < x_b)
    %OK, value of 'x_a' is less than value of 'x_b'.
else
    %Error
    fprintf('Invalid sequence of x values (i=%i).\n', i);
    rc = -3;
    error('Invalid sequence of x values');
end
end

%Check that all cumulative probabilities are within range 0 to 1.
for i=1:N
    cp = pwl_distr(i, 2);

    if (0 <= cp) && (cp <= 1)
        %OK, value of cp is in the range 0 to 1
    else
        %Error
        fprintf('Invalid cumulative probability value (i=%i, cp=%f).\n', ...
            i, cp);
        rc = -4;
        error('Invalid cumulative probability value');
    end
end

%Check monotonicity of cumulative probabilities
for i=1:(N-1)
    cp_a = pwl_distr(i, 2);
    cp_b = pwl_distr(i+1, 2);

    if (cp_a <= cp_b)
        %OK, cumulative probability is not decreasing.
    else
        %Error
        fprintf('Invalid sequence of cumulative probability values (i=%i).\n', ...
            i);
        rc = -5;
        error('Invalid sequence of cumulative probability values.');
```

```

end
end
```

```

%Check that full range of "probability" is specified.
```

```

if (0 == pwl_distr(1, 2))
    %OK, the first cumulative probability was zero.
else
    %Error
    rc = -6;
    error('Error: first cumulative probability not zero.');
```

```

end
```

```

if (1 == pwl_distr(N, 2))
    %OK, the last cumulative probability was one (i.e. full range covered).
else
```

```

    %Error
    rc = -7;
    error('Error: last cumulative probability not one.');
```

end

%Now validity-check of 'pwl_distr' has been done.

1.4 Pwlicdf_check_p_integral.m

```

function rc = pwlicdf_check_p_integral(p_integral)
%This function will check whether the scalar 'p_integral' is a valid
%probability density integral.
%Returns zero if no errors found.
%Returns non-zero or terminates program execution in case of errors.
```

```
rc = 0; %No errors detected so far ...
```

```

%Check dimension of 'p_integral'
w = size(p_integral);
if ((w(1) ~= 1) || (w(2) ~= 1))
    rc = -1;
    error('Wrong dimension of random number argument');
```

end;

```

%Check range of 'p_integral'
if (0 <= p_integral) && (p_integral <= 1)
    %OK, value between 0 and 1.
else
    %Error
    rc = -2;
    fprintf('Range error for "p_integral" (%f).\n', p_integral);
    error('Range error for "p_integral"');
```

end

1.5 Pwlicdf_no_check.m

```

function x_instance = pwlicdf_no_check(pwl_distr, p_integral)
%PWLICDF_NO_CHECK
%Piece-Wise Linear Inverse Cumulative (Probability) Density Function

%This function returns the corresponding x instance (realization of
%stochastic experiment) at CDF-value 'p_integral' for the piece-wise linear
%cumulative distribution function specified by 'pwl_distr' (the cumulative
%distribution function should also be continuous - i.e. "Dirac deltas" in
%the density function should not occur (becomes step functions in the
%cumulative density function). This function will probably evaluate the x
%value correctly, even when step functions are present.

%The distribution is specified as pairs of X (value) and CDF (cumulative
%probability densities). Each row in the N-by-2 matrix contains a pair (X
%in first column, CDF in second).
%The X values must be ordered in increasing order.
%There must be a 0 and a 1 probability integral in the matrix.
%This function does not check the arguments - this is expected to be done
%by an intermediate layer, this function is the lowest level.
```

%The P value 'p_instance' is the density integral at which to return the
 %corresponding X value. To get random numbers according to the specified
 %distribution, the P value should be a uniform random number in the range
 %0 to 1.

%The returned value 'x_instance' is the X value corresponding to the
 %argument probability density integral (cumulative density).

%See also MATLAB function ICDF (Statistics Toolbox).

```
w = size(pwl_distr);
N = w(1);
```

%Find interval using loop (use something similar to BSEARCH instead?)

```
done = 0;
```

```
i = 1;
```

```
while ~done
```

```
    %fprintf('i=%i\n', i);
```

```
    cdf_current = pwl_distr(i, 2);
```

```
    if cdf_current == p_integral
```

```
        %Exact match between density integrals
```

```
        done = 1;
```

```
        x_instance = pwl_distr(i, 1);
```

```
    else
```

```
        %Check whether there is an interval to test ...
```

```
        if i < N
```

```
            %Yes, there is at least one interval remaining
```

```
            cdf_next = pwl_distr(i+1, 2);
```

```
            if (cdf_current <= p_integral) && (p_integral < cdf_next)
```

```
                %The right interval was found, next do interpolation.
```

```
                done = 1;
```

```
                x_a = pwl_distr(i, 1);
```

```
                cdf_a = pwl_distr(i, 2);
```

```
                x_b = pwl_distr(i+1, 1);
```

```
                cdf_b = pwl_distr(i+1, 2);
```

```
                delta_x_ab = x_b - x_a;
```

```
                delta_cdf_ab = cdf_b - cdf_a;
```

```
                delta_cdf_ap = p_integral - cdf_a;
```

```
                delta_x_ap = delta_cdf_ap / delta_cdf_ab * delta_x_ab;
```

```
                x_instance = x_a + delta_x_ap;
```

```
            else
```

```
                %No, interval not found, prepare for next iteration.
```

```
                i=i+1;
```

```
            end
```

```
    else
```

```
        %Last pair - and no match found!
```

```
        done = 1;
```

```
        error('Internal logic error (PWLICDF_NO_CHECK)!');
```

```
    end
```

```
end  
end;
```

1 Script-filer i Matlab til beregning af Morisita's Index

1.1 Forsøg i lille skala

1.1.1 Morisita.m

MORISITA

% Given a specification of rectangular "field" area and cell side lengths and
% a list of plant positions, it calculates the Morisita Index.

% Note that it is not possible to specify an offset to the cell pattern -

% instead the offset should be subtracted from the plant positions

% (it is the responsibility of the user to keep the plants within the

% "field").

function I_delta = morisita(field, cell, plants)

% Where:

% 'field' is a structure with two fields 'x' and 'y'. The extent of the

% field is from 0 (inclusive) to field.x (exclusive) in the

% x-direction and from 0 (inclusive) to field.y (exclusive)

% in the y-direction.

% 'cell' is a structure with two fields 'x' and 'y'.

% 'x' is the side length of the rectangular cell in the

% x-direction.

% 'y' is the side length of the rectangular cell in the

% y-direction.

% 'plants' is an N-by-2 matrix with plant positions in the rows, that is,

% in each row the x coordinate of the plant is in the first column

% and the y coordinate of the plant is in the second column.

% Count the number of plants in input matrix:

w = size(plants);

if (2 == w(2))

 % OK, there are two columns in the matrix.

else

 % Not OK, there are not exactly two columns in the matrix.

 error('\nWrong form of plants matrix argument in call to morisita\n');

end

N_plants = w(1); % The number of plants described in the matrix 'plants'.

% Count the number of plants within field

w = 0;

for i = 1:N_plants

 plant_x = plants(i, 1);

 plant_y = plants(i, 2);

if ((0 <= plant_x) && (plant_x < field.x) && (0 <= plant_y) && (plant_y < field.y))

```

        %Definition question whether the higher limit should be '<' or '<='
        %...
        %Plant is within field
        w = w + 1;
    end
end
N_plants_within_field = w;
%Use sum on n_i instead?

%Calculate number of cells in x direction (assuming cells will cover the
%entire field).
n_x = ceil(field.x / cell.x);

%Calculate number of cells in y direction (assuming cells will cover the
%entire field).
n_y = ceil(field.y / cell.y);

%Prepare histogram bins
n_freq = zeros(n_x, n_y);
for i=1:N_plants
    plant_x = plants(i, 1);
    plant_y = plants(i, 2);
    x_quotient = plant_x / cell.x;
    y_quotient = plant_y / cell.y;
    x_index = floor(x_quotient) + 1; %Change from "ceil" to "floor" on
2008may05.
    y_index = floor(y_quotient) + 1;

    if (1 <= x_index) && (x_index <= n_x) && (1 <= y_index) && (y_index
<= n_y)
        %Calculated cell indices within "field range".
        %Increase plant count in cell.
        n_freq(x_index, y_index) = n_freq(x_index, y_index) + 1;
    else
        %Cell indices outside "field range" (i.e. the plant is considered
%outside the field).
        %Ignore plant.
    end
end

%Calculate number of plants in cells.
N_plants_in_cells = sum(n_freq(:));

if (N_plants_within_field == N_plants) && (N_plants_in_cells == N_plants)
    %OK, as it should be
else
    %Potential problem - issue warning
    fprintf('WARNING: Plant count discrepancy in "morisita". N: (%i, %i,
%i).\n', ...
        N_plants, N_plants_within_field, N_plants_in_cells);
    %??Raise some kind of error flag?
end

%Calculate Morisita's Index

```



```

Q = n_x * n_y; %Total number of cells.

w = 0;
for j=1:n_y
    for i=1:n_x
        n_ij = n_freq(i, j);
        if (1 <= n_ij)
            %At least one plant in cell ...
            w = w + n_ij * (n_ij-1);
        end
    end
end
numerator_sum = w;
%Could also be done using element-wise multiplication and the sum-
function.

denominator_product = N_plants * (N_plants - 1);

I_delta = Q * numerator_sum / denominator_product;

end

```

1.1.2 Eksempel

```

%TEST_MORISITA1
%Test script for the MORISITA function

clear field
field.x = 1;
field.y = 1;

clear cell % kvadratstørrelse 50 mm
cell.x = 50e-3;
cell.y = 50e-3;

plants = [ ...
    0.1 0.1; ...
    0.2 0.1; ...
    0.2 0.1001; ...
    0.2 0.1002; ...
    0.7 0.1; ...
    0.3 0.4; ...
    0.8 0.4; ...
    0.2 0.7; ...
    0.7 0.7; ...
    ];

I_delta = morisita(field, cell, plants); % Henter morisita.m

fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n\n', I_delta);

fprintf('Calling "morisita" with plant outside field:\n');
plants(7,2) = 2.0;

```

```

I_delta2 = morisita(field, cell, plants);
fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n', I_delta2);

fprintf('Calling "morisita" with ill-formed plant matrix.\n');
plants(3,3) = 1; %Should cause error when calling "morisita".
I_delta3 = morisita(field, cell, plants);
fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n', I_delta3);

%*****
%*****

%Reading plant positions from file:
M = dlmread('xyposranlow.dat'); % her indsættes filnavn
M = M/100; %Convert from cm to m.
fprintf('Calling "morisita" with quadratsize 50 mm, data read from file.\n');
I_delta4 = morisita(field, cell, M);
fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n', I_delta4);

```

1.2 Simulering

1.2.1 Morisita_window.m

```

%MORISITA_WINDOW
%Given a specification of a window of interest, the cell side lengths and
%a list of plant positions, then it calculates the Morisita Index.
%
%Description of algorithm:
% For each input plant, evaluate whether it is within the window.
% If so, then subtract the lower left corner position from its
% coordinates and add it to the "call list".
% If not, simply discard it.
% Call the MORISITA script to calculate the Morisita Index for the updated
% list of plants.
% Return the Morisita Index.

function I_delta = morisita_window(window, cell, plants)
%Where:
% 'window' is a structure with the fields 'x1', 'y1', 'x2' and 'y2' where
% (x1, y1) is the lower left corner of the window and
% (x2, y2) is the upper right corner of the window.
% This defines the window within which to look for plants and
% calculate the Morisita Index. Plants outside this window will
% be discarded before the call to MORISITA.
% Notes on borderlines:
% Points (or plants) on the line to the left of the window
% and on the line below the window are considered part of the
% window, while points (or plants) on the line to the right of the
% window and the line above the window are considered outside the
% window.
% 'cell' is a structure with two fields 'x' and 'y'.
% 'x' is the side length of the rectangular cell in the
% x-direction.
% 'y' is the side length of the rectangular cell in the
% y-direction.

```

```

% 'plants' is an N-by-2 matrix with plant positions in the rows, that is,
%     in each row the x coordinate of the plant is in the first column
%     and the y coordinate of the plant is in the second column.

%Count the number of plants in input matrix:
w = size(plants);
if (2 == w(2))
    %OK, there are two columns in the matrix.
else
    %Not OK, there are not exactly two columns in the matrix.
    error('\nWrong form of plants matrix argument in call to
morisita_window\n');
end
N_plants = w(1); %The number of plants described in the matrix 'plants'.

%Check location of window.
if ((window.x1 < window.x2) && (window.y1 < window.y2))
    %OK, relative location of "lower left" and "upper right" are OK.
else
    %Not OK.
    error('\nWrong relative location of window corners in call to
morisita_window\n');
end

%Extract plants within window.
n_within = 0; %Currently no plants are known to be within the window.
M_plants_within = [0 0]; %Initialize size (number of columns).
for i = 1:N_plants
    plant_x = plants(i, 1);
    plant_y = plants(i, 2);
    if ((window.x1 <= plant_x) && (plant_x < window.x2) && ...
        (window.y1 <= plant_y) && (plant_y < window.y2))
        %Yes, plant is within the window of interest ('<=' and '<' follows
        %the use in MORISITA).
        %Thus shift coordinates and store it in the argument matrix for
        %MORISITA.
        p_x = plant_x - window.x1;
        p_y = plant_y - window.y1;

        n_within = n_within + 1;
        M_plants_within(n_within, :) = [p_x p_y];
    else
        %No, plant not within window; discard it (i.e. don't copy it).
    end
end
if (n_within > 0)
    %There are at least one plant within the window.
    clear field;
    field.x = window.x2 - window.x1;
    field.y = window.y2 - window.y1;

    %Debug statement:
    %M_plants_within

```

```

    I_delta = morisita(field, cell, M_plants_within);
else
    %No plants within the window. Return zero.
    I_delta = 0;
end

```

1.3 Test_Morisita_window.m (eksempel)

```

%TEST_MORISITA_WINDOW
% 10 CM ROW DISTANCE
fprintf('\nMORISITA INDEX CALCULATED FOR 10 CM ROW
DISTANCE\n');
fprintf('\nDefined field-area: field.x1 = 0.125, field.y1 = 0.125, field.x2 =
0.875, field.y2 = 0.875\n');
fprintf('\nDefined cell-size: 50 x 50 mm\n');
fprintf('\nEntering test case 1:\n');

clear field;
field.x1 = 0;
field.y1 = 0;
field.x2 = 1;
field.y2 = 1;

clear cell;
cell.x = 50e-3;
cell.y = 50e-3;

plants = [ ...
    0.1 0.1; ...
    0.2 0.1; ...
    0.2 0.1001; ...
    0.2 0.1002; ...
    0.7 0.1; ...
    0.3 0.4; ...
    0.8 0.4; ...
    0.2 0.7; ...
    0.7 0.7; ...
];

I_delta = morisita_window(field, cell, plants);

fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n\n', I_delta);

fprintf('\nEntering test case 2:\n');
fprintf('Calling "morisita_window" with plant outside window:\n');
clear field2;
field2.x1 = 0.2;
field2.y1 = 0.2;
field2.x2 = 0.8;
field2.y2 = 0.8;

I_delta2 = morisita_window(field2, cell, plants);
fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n\n', I_delta2);

```

```

fprintf('\nEntering test case 3:\n');
fprintf('Calling "morisita_window" with no plants within window:\n');
clear field3;
field3.x1 = 1.2;
field3.y1 = 1.2;
field3.x2 = 1.8;
field3.y2 = 1.8;

I_delta3 = morisita_window(field3, cell, plants);
fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n\n', I_delta3);

if 0
    fprintf('\nEntering test case 4:\n');
    fprintf('Calling "morisita_window" with ill-formed plant matrix.\n');
    plants(3,3) = 1; %Should cause error when calling "morisita_window".
    %Flip condition switch to continue test.
    I_delta4 = morisita_window(field, cell, plants);
    fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n\n', I_delta4);
end;

if 0
    fprintf('\nEntering test case 5:\n');
    fprintf('Calling "morisita_window" with wrong window specification.\n');
    plants = [ ...
        0.1 0.1; ...
        0.2 0.1; ...
        0.7 0.7; ...
    ];
    field5.x1 = 1.0;
    field5.y1 = 1.0;
    field5.x2 = 0.0;
    field5.y2 = 0.0; %Should cause error message.
    I_delta5 = morisita_window(field5, cell, plants);
    fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n\n', I_delta5);
end;

%*****
**

%Reading plant positions from file:
fprintf('Calling "10 cm row distance, CV=0, new pattern".\n');
M = dlmread('10_cm_CV_0_ny.dat');
M = M/100; %Convert from cm to m.
fprintf('Calling "morisita" with quadratsize 50 mm, data read from file.\n');
clear field;
field.x1 = 0.125;
field.y1 = 0.125;
field.x2 = 0.875;
field.y2 = 0.875;
I_delta6 = morisita_window(field, cell, M);
fprintf('Calculated Morisita Index: %f\n\n', I_delta6);

```


1 Rådata

Dette bilag indeholder relevante rådata fra markforsøg i lille skala (del I) og markforsøg i stor skala (del III).

Forklaring til tabellerne:

Mønster 1: Uniformt mønster (rækkeafstand = afstand mellem planter inden for rækken).

Mønster 2: 12,5 cm rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken.

Mønster 3: Tilfældigt mønster.

Mønster 4: Uniform rækkeafstand, tilfældig fordeling af planter inden for rækken.

Mønster 5: Uniform rækkeafstand, Morisita Index ~ tilfældigt mønster.

Mønster 6: 6,25 cm rækkeafstand med tilfældig fordeling af planter inden for rækken.

TKV: Tusindkornsvægt.

Totaludbytte v. 15 % vand: Kerneudbytte i t/ha omregnet til et vandindhold på 15 %.

Kerner > 2,5 mm v. 15 % vand: Andelen af udbyttet, hvor kernerne > 2,5 mm, målt i t/ha omregnet til et vandindhold på 15 %.

N % og C %: Indhold af kvælstof og kulstof i kernerne målt i %.

1.1 Forsøg i lille skala forår 2007

Mønster	Tæthed planter m ²	Biomasse hvede, g m ²	Biomasse ukrudt, g m ²	Spiring hvede antal m ²	Spiring ukrudt antal m ²	Morisita Index
1	196	476,84	314,08	148	168	0
1	196	625,28	130,92	148	72	0,1587
1	196	660	127,96	172	144	0
1	441	718,76	60,52	220	80	0,4706
1	441	786,88	34,88	296	64	0,2984
1	441	768,12	56,28	320	104	0,0999
1	729	834,8	7,04	600	36	0,7781
1	729	835,76	9,68	568	48	0,5847
1	729	826,72	23	548	52	0,6452
2	196	303,56	584,8	104	160	0,724638
2	196	366,96	290,8	136	132	1,6043
2	196	392,44	448,44	160	196	1,7549
2	441	645,88	159,4	252	108	2,3593
2	441	388,96	484,88	164	192	2,276
2	441	668,04	273,76	276	160	1,7244
2	729	503,28	172,92	276	144	2,2321
2	729	644,52	91,68	324	64	2,4957
2	729	763,92	73,48	484	124	2,1053
3	196	571,12	115,92	136	100	0,713
3	196	588	156,36	152	136	1,4225
3	196	493	151,4	120	32	0,8547
3	441	682,44	112,24	312	164	1,0127
3	441	823,8	72,56	388	128	0,8485
3	441	817,44	33,48	348	72	1,0051
3	729	837,76	11,84	564	44	1,0139
3	729	755,16	28,92	520	48	0,8119
3	729	801,04	32,8	560	120	0,9346
4	196	736,4	154,72	112	48	1,1494
4	196	355,48	470,96	148	188	1,0695
4	196	579,92	69,04	144	48	0,9524
4	441	315,48	484,76	168	128	0,8535
4	441	416,12	330,96	192	176	1,4799
4	441	746,84	77,28	260	136	1,1409
4	729	813,84	12,56	584	24	0,8658
4	729	724,64	43,36	400	108	0,6597
4	729	825,96	37,48	376	96	0,7246
5	196	385,28	202,12	100	80	0,7246
5	196	577,92	239,88	180	176	0,5051
5	196	516,16	258,76	172	180	0,443
5	441	381,84	399,16	180	172	0,8457
5	441	769,2	29,16	284	28	0,761
5	441	711,76	116,6	368	112	0,7745
5	729	816,88	37,56	416	44	0,8333
5	729	820,72	48,12	464	80	0,8044
5	729	668,12	39,24	388	52	0,8032

1.2 Forsøg i lille skala efterår 2007

Mønster	Tæthed planter m ⁻²	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede antal m ⁻²	Spiring ukrudt antal m ⁻²
1,1	196	362,64	719,8	32	284
1,1	196	198,16	1012,32	32	236
1,1	196	392,52	1011,4	32	
1,2	440	708,52	738,08	68	172
1,2	440	508,64	556,92	56	320
1,2	440	623,8	622,48	80	
1,3	721	1029,56	347,56	152	256
1,3	721	873,76	357,76	132	264
1,3	721	708,28	516,4	116	
2,1	196	398,24	515,12	32	228
2,1	196	256,48	1158,76	24	248
2,1	196	151,68	628,28	16	
2,2	440	348,48	555,48	76	212
2,2	440	377,56	606	32	264
2,2	440	454,56	464,8	60	
2,3	721	732,36	213,2	100	176
2,3	721	703,6	241,92	68	160
2,3	721	518,44	476,32	104	
3,1	196	341,88	629,76	24	328
3,1	196	168,56	720,16	24	212
3,1	196	58,76	864,88	24	
3,2	440	505,32	438,84	72	192
3,2	440	866	450,96	68	244
3,2	440	309,64	700,44	56	
3,3	721	587,64	392	100	452
3,3	721	574,32	384,2	132	220
3,3	721	629,6	489,2	64	
4,1	196	85,8	902,04	8	128
4,1	196	273	558,24	28	208
4,1	196	231,64	988,56	16	
4,2	440	347,08	595,8	44	184
4,2	440	589,8	576,84	72	340
4,3	440	905,32	231,92	180	
4,3	721	656,4	331,96	76	208
4,3	721	862,96	390,52	104	276
4,3	721	592,96	436,92	112	

1.3 Forsøg i lille skala forår 2008

Mønster	Taethed	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede, antal m ⁻²	Spiring ukrudt, antal m ⁻²	Aks antal m ⁻²	Morisita Index
1,1	196	749,84	34,24	136	188	372	0,00001
1,1	196	577,92	80,96	116	376	328	0,00001
1,1	196	884,28	45,36	160	188	448	0,00001
1,2	441	828,92	66,8	328	324	460	0,60228
1,2	441	683,04	20,12	280	184	400	0,599401
1,2	441	785,96	28,68	312	272	456	0,339506
1,3	729	960,04	16,64	520	176	508	0,677415
1,3	729	859,36	20,32	520	312	564	0,655933
1,3	729	822,96	4,76	404	224	564	0,763359
2,1	196	497,24	94,12	104	316	248	1,666667
2,1	196	516,84	130,68	112	320	244	2
2,1	196	981,96	74,36	196	184	368	1,352657
2,2	441	807,64	91,4	212	468	452	1,741655
2,2	441	720,88	46,84	272	408	432	2,517483
2,2	441	909,8	13,12	328	276	512	2,262709
2,3	729	771,08	18,88	440	240	468	2,019802
2,3	729	555,72	20,8	404	336	404	1,807367
2,3	729	832,4	16,92	484	212	520	1,879365
3,1	196	835,88	43,32	152	232	444	0,672269
3,1	196	402,88	103,32	124	548	224	0,91954
3,1	196	595,28	157,48	112	524	316	0,26455
3,2	441	878,84	38,52	276	336	464	1,266395
3,2	441	845,84	21,92	280	172	532	1,258741
3,2	441	831,2	11,84	324	240	504	1,015771
3,3	729	657,76	35,32	456	404	460	0,991609
3,3	729	639,12	19,04	468	264	432	1,01949
3,3	729	847,68	9,56	524	144	584	1,015326
4,1	196	229,44	37,84	132	392	172	1,325758
4,1	196	463,88	103,32	140	472	272	0,94697
4,1	196	854,84	69,08	148	244	440	1,13798
4,2	441	662,88	39,84	204	304	368	0,784314
4,2	441	507,44	10,4	292	280	348	1,398601
4,2	441	849,68	92,36	292	584	480	0,925553
4,3	729	832,68	9,76	436	148	464	0,742731
4,3	729	793,88	9,16	484	212	552	1,049043
4,3	729	1045,28	26,48	472	348	572	0,916007
6,1	196	632,56	51,92	124	272	352	0,860215
6,1	196	478,76	82,76	144	476	256	1,176471
6,1	196	403,8	247,24	132	624	220	0,645161
6,2	441	914,8	28,24	300	192	492	0,814111
6,2	441	571,4	39,36	276	308	336	0,885312
6,2	441	721,12	26,84	360	200	444	1,075269
6,3	729	1152,4	25,76	476	260	684	1,008403
6,3	729	740,16	47,32	460	428	532	0,927644
6,3	729	796	2	608	172	608	0,997792

1.4 Forsøg i lille skala efterår 2008

Mønster	Taethed	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede antal m ⁻²	Spiring ukrudt antal m ⁻²	Aks antal m ⁻²	Morisita Index
1,1	196	1233,96	239,68	188	320	456	0,000001
1,1	196	968,04	216,72	200	.	352	0,000001
1,1	196	801,4	555,64	184	.	300	0,000001
1,2	441	1355,64	115,6	448	420	344	0,3861
1,2	441	1207,76	184,8	432	.	552	0,347985
1,2	441	1153,8	268,36	440	.	424	0,336072
1,3	729	1097,28	71,76	708	.	604	0,626075
1,3	729	1505,04	76,28	688	.	656	0,699795
2,1	196	786,04	432,36	160	336	288	1,95122
2,1	196	1023	287,08	188	.	344	1,950355
2,1	196	570,96	690,36	144	.	232	2,184874
2,2	441	1253,16	184,64	324	472	500	2,436709
2,2	441	1047,44	335,16	340	.	440	2,198133
2,2	441	1205,68	217,12	348	.	608	2,196294
2,3	729	1284,72	134,36	568	640	580	2,265019
2,3	729	1123,44	136,28	592	.	544	2,116858
2,3	729	1226,04	154,04	572	.	356	2,867275
3,1	196	918,16	343,28	160	448	344	0,853659
3,1	196	1047	369,52	176	.	392	0,641026
3,1	196	819,48	359,96	180	.	284	1,045296
3,1	196	711,72	396,16	196	.	248	0,886525
3,2	441	1162,6	163,24	388	860	488	0,976801
3,2	441	1362,56	201,68	348	.	544	1,204482
3,2	441	1122,6	172,8	396	.	268	0,776548
3,3	729	1566,48	66,64	528	664	600	0,873322
3,3	729	1369,84	94,8	584	.	624	1,080384
3,3	729	1091,52	140,04	584	.	476	1,079023
4,1	196	1004,28	287,32	188	696	328	0,772947
4,1	196	864,56	264,92	208	.	320	0,908456
4,1	196	1027,72	358,12	176	.	348	0,845666
4,2	441	1063,72	171,64	400	440	416	0,916442
4,2	441	1274,28	217,24	416	.	464	1,121305
4,2	441	1204,76	192,52	420	.	464	1,287129
4,3	729	1261,52	149,64	648	628	580	0,973075
4,3	729	1318,08	194,16	600	.	668	1,089629
4,3	729	1361,84	115,52	608	.	440	0,995062
6,1	196	1480,88	214	220	420	460	0,844156
6,1	196	1188	259,28	176	.	384	1,020408
6,1	196	736	575,84	212	.	272	0,943396
6,2	441	1200,8	311,36	356	808	520	0,976801
6,2	441	1010,08	333,6	428	.	400	1,045556
6,2	441	920,72	223,8	416	.	416	1,087168
6,3	729	1520	139,6	688	732	768	1,17236
6,3	729	1284,24	109,88	676	.	624	1,019992
6,3	729	1207,92	156,12	660	.	504	1,141304

1.5 Forsøg i lille skala forår 2009

Mønster	Tæthed	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede antal m ⁻²	Spiring ukrudt antal m ⁻²	Aks antal m ⁻²	Morisita Index
1,1	196	476	61,96	172	104	228	0
1,1	196	417,52	136,44	172	120	216	0,096618
1,1	196	785,12	161,48	192	128	348	0
1,2	441	769,56	85,96	424	144	440	0,458716
1,2	441	672,64	39	500	176	424	0,463567
1,2	441	896,4	38,56	376	104	496	0,457875
1,3	729	718,44	23,92	616	84	612	0,703812
1,3	729	815,52	17,08	648	188	688	0,673912
1,3	729	960,16	10,32	640	116	656	0,703032
2,1	196	508,08	301,6	188	340	280	3,292683
2,1	196	854,68	80,96	184	64	368	2,40518
2,1	196	644,48	86,68	188	72	316	1,66113
2,2	441	720,84	52,56	456	320	456	2
2,2	441	787,84	16,44	588	156	628	2,088053
2,2	441	810,72	10,6	584	68	572	2,066869
2,3	729	496,84	68,76	360	252	328	2,466732
2,3	729	624,36	78,76	384	244	404	1,91522
2,3	729	815,04	59,64	392	192	420	2,284434
3,1	196	703,52	136,48	184	188	324	0,845666
3,1	196	491,96	270,68	188	128	260	1,27551
3,1	196	820,76	123,44	192	164	380	0,705882
3,2	441	782,4	70,8	384	128	432	1,097424
3,2	441	563,08	89,72	376	208	352	1,089109
3,2	441	752,08	35,52	404	148	400	1,191919
3,3	729	1040,08	16	628	124	736	1,077768
3,3	729	799,68	5,96	696	88	760	1,142781
3,3	729	873,64	22,76	644	172	720	1,029439
4,1	196	670,8	77,28	216	136	348	1,010101
4,1	196	737,48	70,6	196	104	336	1,105442
4,1	196	1011,16	114,32	180	136	428	1,020408
4,2	441	736,56	41,08	336	136	408	0,891089
4,2	441	802,12	103	348	116	412	1,235415
4,2	441	796,24	68,8	404	140	376	1,31177
4,3	729	833,4	4,92	604	120	576	1,029601
4,3	729	928,76	23,88	628	92	640	0,951199
4,3	729	881,88	18,36	636	56	656	1,038872
6,1	196	770,88	206	188	188	356	0,979592
6,1	196	760,76	74,92	200	120	352	1,098039
6,1	196	903,8	111,68	192	152	412	1,572618
6,2	441	750,08	64,12	364	140	440	0,942982
6,2	441	774,96	13,72	352	96	412	1,030235
6,2	441	803	58,16	448	120	400	0,758244
6,3	729	832,56	40,76	660	128	684	1,042184
6,3	729	684,36	27,56	580	180	512	0,938416
6,3	729	728,8	10,4	660	64	668	0,90544

1.6 Forsøg i stor skala efterår 2007

1.6.1 Konventionel lokalitet

Mønster	Tæthed planter m ⁻²	Herbucid	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede antal m ⁻²	Spiring ukrudt antal m ⁻²	Aks antal m ⁻²	TKV kerner > 25 mm	Vand-indhold %	Totaludbytte v. 15% vand t/ha	kerner > 2,5 mm v. 15% vand t/ha	N %	C %
12,8 cm række	356	No	1024,68	175,6	72	116	268	50,94	14,3	8,19	7,56	1,83	43,98
12,8 cm række	356	No	1468,64	141			388	49,75	14	8,95	8,21	1,88	44,26
12,8 cm række	356	No	1231,92	115,28	128	120	312	48,21	12,9	7,29	6,74	1,87	44,14
12,8 cm række	721	No	1292,28	133,24			380	50,49	14,5	9,01	8,38	1,79	44,30
12,8 cm række	721	No	1389,08	94,28	152	76	376	49,3	14,8	8,89	8,33	1,95	44,48
12,8 cm række	721	No	1487,2	28,72	172	96	412	48,37	14,5	8,17	7,60	1,94	44,20
12,8 cm række	356	Yes	1516,72	5,24			436	49,66	12,2	8,68	7,89	2,05	44,45
12,8 cm række	356	Yes	1892,72	3,2	72	80	476	52,5	15	10,95	10,24	1,90	44,28
12,8 cm række	356	Yes	1440,48	10,44			396	52,92	14,5	10,36	9,62	1,93	44,20
12,8 cm række	721	Yes	1229,68	7,12	64	40	368	53,61	14	9,61	8,91	1,94	44,17
12,8 cm række	721	Yes	1293,88	5,28			392	48,92	14,6	9,21	8,56	2,01	44,40
12,8 cm række	721	Yes	1525,72	8,04			468	46,09	13,2	8,15	7,52	2,08	44,17
4 cm række	356	No	884,68	267,08	52	108	240	50,45	14,2	7,22	6,50	1,75	43,93
4 cm række	356	No	1050,84	172,96	64	96	316	48,15	12,8	7,03	6,46	1,88	44,36
4 cm række	356	No	849,52	300	36	152	248	48,06	14,2	7,11	6,54	1,79	44,11
4 cm række	721	No	1448,04	86,92			392	51,81	14	10,59	9,88	1,70	44,12

4 cm række	721	No	1378,68	195,28			364	50,59	14,7	7,87	7,29	1,84	44,27
4 cm række	721	No	1565,36	129,12			452	45,89	12,7	7,90	7,32	1,86	44,03
4 cm række	356	Yes	1397,28	1,64			364	48,45	14	7,65	6,92	2,04	44,32
4 cm række	356	Yes	1416,96	3,8			348	52,74	14	8,75	8,02	2,01	44,20
4 cm række	356	Yes	1594,2	4,24			432	49,47	14,6	8,13	7,52	2,06	44,23
4 cm række	721	Yes	1374,56	0,24	68	52	408	54,85	14,8	9,58	8,86	1,87	44,42
4 cm række	721	Yes	1266,8	0,0004			344	50,4	13,6	8,55	7,92	1,99	44,24
4 cm række	721	Yes	1119,48	0,96	104	144	324	47,87	14,4	8,23	7,72	2,01	44,21
Uniform	356	No	1558,56	90,76	68	104	432	51,66	13,5	8,05	7,44	1,74	44,03
Uniform	356	No	1439,36	155,04			364	51,88	14,8	6,92	6,38	1,83	44,50
Uniform	356	No	1060,2	307,8			296	46,03	13,5	6,31	5,82	1,96	44,08
Uniform	721	No	1236,24	95,4			332	49,32	13,9	9,64	8,96	1,81	43,67
Uniform	721	No	1324,76	150,8			368	50,97	14,3	8,67	8,11	1,92	44,42
Uniform	721	No	1627	61,68	184	104	456	49	13,8	9,33	8,71	1,89	44,20
Uniform	356	Yes	1651,12	0,44			444	50,2	13,2	8,55	7,75	1,94	44,34
Uniform	356	Yes	1666,6	0,72	76	124	444	50,24	13,8	7,11	6,64	2,05	44,42
Uniform	356	Yes	1444,16	1,68	68	88	360	48,69	13,1	6,50	5,99	2,04	44,27
Uniform	721	Yes	1421,44	1,52			384	51,65	14,9	10,19	9,44	1,95	44,24
Uniform	721	Yes	1440,04	8,2	124	128	432	53,13	14,1	10,10	9,54	1,94	44,29
Uniform	721	Yes	1012,68	0,72	140	124	324	47,29	14	8,30	7,84	2,09	44,38

1.6.2 Økologisk lokalitet

Mønster	Tæthed planter m ²	Harrow	Biomasse hvede, g m ²	Biomasse ukrudt, g m ²	Spiring hvede antal m ²	Spiring ukrudt antal m ²	Aks antal m ²	TKV kerner>25 mm	Vand-indhold %	Totaludbytte v. 15% vand t/ha	kerner > 2,5 mm v. 15% vand t/ha	N %	C %
12,8 cm række	356	No	1294,56	96,92	236	160	428	46,35	8,3	8,23	7,77	1,51	43,39
12,8 cm række	356	No	1646,72	114,52			472	46,77	8,4	9,57	9,21	1,61	43,31
12,8 cm række	356	No	1146,64	97,48			376	44	8,1	7,89	7,65	1,51	43,21
12,8 cm række	721	No	1354,96	78,56			540	45,31	8,2	9,78	9,43	1,57	43,65
12,8 cm række	721	No	1578,16	66,6	436	204	612	43,65	7,9	10,59	10,19	1,59	43,37
12,8 cm række	721	No	1493,68	79,16	220	132	472	44,87	8,4	8,87	8,51	1,56	43,34
12,8 cm række	356	Yes	994,44	33,72			384	46,85	8,8	7,34	7,06	1,44	43,44
12,8 cm række	356	Yes	1601,44	109,2	272	280	408	46,75	8,3	9,50	9,23	1,56	43,32
12,8 cm række	356	Yes	1155,88	79,8	420	152	468	44,78	7,6	8,72	8,39	1,65	43,36
12,8 cm række	721	Yes	1735,56	76,16	484	172	496	45,66	7,9	10,08	9,68	1,59	43,58
12,8 cm række	721	Yes	1199,96	43,04			548	46,2	8,1	11,04	10,71	1,57	43,22
12,8 cm række	721	Yes	1401,8	96,32			508	46,08	7,9	7,69	7,29	1,51	43,32
4 cm række	356	No	1292,56	112,8			412	45,39	8,2	9,76	9,43	1,56	43,53
4 cm række	356	No	876,48	103,56			400	47,24	8,4	8,95	8,46	1,52	43,34
4 cm række	356	No	1347,48	109,24	528	424	424	43,78	7,7	7,48	7,16	1,55	43,31
4 cm række	721	No	1367	214,2			744	45,32	8,3	9,88	9,59	1,58	43,48
4 cm række	721	No	1429,16	106,76	612	284	588	45,08	7,8	8,93	8,64	1,57	43,57
4 cm række	721	No	1364,52	78,28	416	396	600	45,59	8,3	9,92	9,46	1,60	43,45
4 cm række	356	Yes	1420,8	95,2	380	232	672	45,76	8,1	8,94	8,43	1,66	43,50
4 cm række	356	Yes	1566,08	121,52	372	392	336	45,16	7,8	9,30	8,74	1,49	43,45
4 cm række	356	Yes	1192,24	49,12			488	44,96	7,9	9,08	8,72	1,68	43,35

4 cm række	721	Yes	1502,96	71,2	608	216	580	45,29	8,1	10,03	9,69	1,58	43,57
4 cm række	721	Yes	1443,36	45,4			624	43,8	8,4	8,75	8,29	1,53	43,47
4 cm række	721	Yes	1385,76	56,56			528	41,36	8	8,19	7,72	1,59	43,29
Uniform	356	No	1491	54,96	316	164	476	46,33	8	8,46	8,18	1,53	43,51
Uniform	356	No	1568,88	123,04			552	45,2	7,9	8,00	7,53	1,56	43,27
Uniform	356	No	1388,24	93	612	364	344	44,65	8,4	7,12	6,70	1,55	43,25
Uniform	721	No	1728,6	89,88			656	45,72	7,6	10,43	10,09	1,54	43,45
Uniform	721	No	1831,2	62,52	556	264	628	45,16	8,3	9,08	8,65	1,60	43,34
Uniform	721	No	1269,48	98,04	288	128	592	44,11	8,4	8,90	8,61	1,55	43,13
Uniform	356	Yes	1553,32	53,64			512	44,82	8,3	8,41	8,10	1,54	43,58
Uniform	356	Yes	1226,28	114,2	344	176	364	45,47	8,5	7,70	7,38	1,52	43,43
Uniform	356	Yes	1589,24	67,36			472	44,62	7,8	8,53	7,99	1,65	43,19
Uniform	721	Yes	1859,28	26,08	616	232	620	45,52	8,4	9,26	8,77	1,47	43,46
Uniform	721	Yes	1578,76	28,84			640	46,16	8,4	10,14	9,63	1,58	43,43
Uniform	721	Yes	1496,4	32,44			604	43,07	8,3	9,10	8,75	1,54	43,31

1.7 Forsøg i stor skala forår 2008

1.7.1 Konventionel lokalitet

Mønster	Tæthed planter m ⁻²	Herbicide	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede antal m ⁻²	Spiring ukrudt antal m ⁻²	Aks antal m ⁻²	TKV kerner>25 mm	Vand-indhold %	Totaludbytte v. 15% vand t/ha	kerner > 2,5 mm v. 15% vand t/ha	N %	C %
12,8 cm række	356	No	643,44	154,36	224	284	408	50,52	13,9	5,94	5,64	2,29	44,35
12,8 cm række	356	No	769,24	76,08	220	112	396	51,27	15,2	5,97	5,68	2,38	44,47
12,8 cm række	356	No	810,96	67,24	296	264	392	49,67	13,7	5,80	5,51	2,46	44,44
12,8 cm række	721	No	692,2	32,64	328	32	444	49,2	14,5	6,94	6,52	2,30	44,24
12,8 cm række	721	No	785,28	48,36	520	164	508	49,52	14,4	6,28	5,94	2,36	44,28
12,8 cm række	721	No	864,28	11,16	356	168	552	49,05	13,5	6,85	6,56	2,47	44,27
12,8 cm række	356	Yes	665,72	39,56			336	48,81	14,9	6,98	6,59	2,44	44,31
12,8 cm række	356	Yes	799,68	11,4			476	49,12	15	5,44	5,13	2,57	44,46
12,8 cm række	356	Yes	830,28	14,92			484	49,44	15,1	7,56	7,19	2,56	44,06
12,8 cm række	721	Yes	796,76	15,88			448	49,04	14	7,56	7,10	2,39	44,31
12,8 cm række	721	Yes	691,44	25,4			484	49,12	14,2	7,88	7,50	2,43	44,49
12,8 cm række	721	Yes	809,72	5,68			532	49,26	14,2	7,22	6,87	2,56	44,29
4 cm række	356	No	846,08	84,2	276	208	464	50,57	14,7	6,44	6,12	2,30	44,13
4 cm række	356	No	733,32	134,48	240	144	392	50,75	15,5	5,99	5,72	2,34	44,38
4 cm række	356	No	735,48	107,6	284	408	420	49,14	14	5,69	5,44	2,50	44,40
4 cm række	721	No	721,12	30,68	468	68	456	49,81	14,3	7,79	7,30	2,31	44,22
4 cm række	721	No	692,28	48,96	412	180	528	48,44	14,9	6,18	5,83	2,37	44,43
4 cm række	721	No	1058,04	6,88	608	192	608	49,51	14,4	7,99	7,62	2,50	44,47

4 cm række	356	Yes	790,48	21,44			508	50,38	15,2	7,04	6,66	2,46	44,05
4 cm række	356	Yes	613,68	23,08			368	48,51	13	5,83	5,45	2,55	44,44
4 cm række	356	Yes	857,32	8,48			472	49,25	14,2	7,35	7,01	2,64	44,40
4 cm række	721	Yes	908,4	6,92			564	50,38	14	7,70	7,28	2,41	44,27
4 cm række	721	Yes	732,44	4,64			476	48,41	14,1	7,48	7,05	2,40	44,36
4 cm række	721	Yes	907,4	0,96			588	47,69	14,3	8,06	7,64	2,60	43,91
Uniform	356	No	740,96	43,64	284	168	424	51,3	15	6,78	6,46	2,34	44,04
Uniform	356	No	591,08	59,68	308	300	384	50,39	14,3	5,58	5,27	2,29	44,24
Uniform	356	No	773,04	47,24	292	220	408	49,64	13,4	6,82	6,53	2,55	44,34
Uniform	721	No	787,04	32,08	600	124	636	50,31	15,5	7,60	7,15	2,29	44,24
Uniform	721	No	900,08	13,28	536	116	620	50,25	14,4	7,51	7,08	2,33	44,38
Uniform	721	No	818,12	9,76	632	188	504	48,61	14,5	7,78	7,42	2,54	44,24
Uniform	356	Yes	737,92	11,96			468	47,96	14,4	6,09	5,62	2,41	44,39
Uniform	356	Yes	972,44	9			536	49,52	15,1	6,64	6,24	2,42	44,04
Uniform	356	Yes	826,68	10,76			468	49,23	14,3	6,27	5,90	2,61	44,43
Uniform	721	Yes	733,36	8,56			552	50,07	14,5	7,66	7,21	2,32	44,28
Uniform	721	Yes	832,6	5,76			568	47,3	14,3	8,10	7,62	2,48	44,39
Uniform	721	Yes	799,28	0,64			612	48,68	14,2	7,50	7,08	2,56	44,23

1.7.2 Økologisk lokalitet

Mønster	Tæthed planter m ²	Harrow	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede antal m ⁻²	Spiring ukrudt antal m ⁻²	Aks antal m ²	TKV kerner>25 mm	Vand-indhold %	Totaludbytte v. 15% vand t/ha	kerner > 2,5 mm v. 15% vand t/ha	N %	C %
12,8 cm række	356	No	738,24	101,6	172	488	448	44,19	7,9	6,07	5,51	2,03	43,81
12,8 cm række	356	No	638,88	178,32	268	640	320	45,24	9	5,06	4,33	2,06	43,78
12,8 cm række	356	No	627,84	204,68	308	1600	336	42,91	8,3	4,04	3,57	2,10	43,94
12,8 cm række	721	No	910,84	30,64	412	408	560	44,56	8,9	6,94	6,35	2,01	43,71
12,8 cm række	721	No	861,32	94,88	512	1284	492	44,73	7,7	6,93	6,42	1,97	44,03
12,8 cm række	721	No	860,16	130,68	440	1000	568	43,12	8,4	5,09	4,54	2,15	43,91
12,8 cm række	356	Yes	818,44	109,52		208	404	44,38	8,2	6,42	6,11	1,91	43,68
12,8 cm række	356	Yes	703,84	109,88		68	332	46,37	8,5	4,41	4,09	2,22	43,79
12,8 cm række	356	Yes	770,72	100		128	372	44,02	8,4	3,82	3,51	2,24	43,99
12,8 cm række	721	Yes	1092,6	8,48		40	572	45,49	8,2	6,96	6,22	2,06	43,92
12,8 cm række	721	Yes	813,44	66,72		116	464	44,33	8,2	4,77	4,50	2,10	43,89
12,8 cm række	721	Yes	771,28	85,72		172	476	42,51	8,5	5,55	5,15	2,12	43,81
4 cm række	356	No	635,72	143,32	260	376	336	45,55	8	6,37	5,85	1,95	43,80
4 cm række	356	No	603,36	215,08	316	940	352	44,16	8,8	4,74	4,37	2,05	43,86
4 cm række	356	No	619,84	191,84	228	1560	332	44,28	8,3	4,42	4,01	1,97	43,89
4 cm række	721	No	862,32	62,8	508	508	596	44,83	8	7,45	6,95	1,84	43,74
4 cm række	721	No	1038,6	85,8	392	1088	564	45,91	8,6	6,85	6,10	2,12	43,87
4 cm række	721	No	725,6	108,24	472	1040	508	42,83	8,7	5,49	4,92	2,09	43,96

4 cm række	356	Yes	804,36	72,48		4	392	45,77	8,2	6,00	5,63	1,97	43,84
4 cm række	356	Yes	870,36	71,24		128	464	44,78	9	5,29	4,84	2,14	43,95
4 cm række	356	Yes	605,48	131,76		192	324	45,01	8,6	4,21	3,87	2,17	43,95
4 cm række	721	Yes	871,76	8,04		32	500	44,46	7,7	7,17	6,66	2,09	43,95
4 cm række	721	Yes	766,92	42,2		168	484	45,11	7,8	6,41	5,93	2,09	43,86
4 cm række	721	Yes	873,72	34,64		120	512	43,25	7,5	5,65	5,17	2,24	43,83
Uniform	356	No	676,52	99	276	760	368	45,26	8,4	5,94	5,43	1,86	43,81
Uniform	356	No	738,76	113,56	308	1440	404	43,22	8,6	5,10	4,66	2,00	43,69
Uniform	356	No	641,4	126,4	244	1084	336	44,06	8,5	4,71	4,23	2,01	44,22
Uniform	721	No	933,08	24,64	512	392	612	45,24	8,8	7,27	6,37	1,90	43,95
Uniform	721	No	871,08	61,24	512	1860	616	43,97	7,9	6,42	6,00	1,94	43,82
Uniform	721	No	698,16	81,56	520	1848	484	43,58	8,8	5,58	5,01	2,02	44,02
Uniform	356	Yes	847,64	38,6		196	452	44,93	8,2	5,93	5,46	1,96	43,65
Uniform	356	Yes	762,84	187,68		252	452	44,54	8,2	4,57	4,14	2,04	43,86
Uniform	356	Yes	455,76	197,6		660	276	43,39	8,6	4,30	3,88	2,22	43,89
Uniform	721	Yes	1037,12	22,08		48	628	44,77	8	7,24	6,63	1,99	43,79
Uniform	721	Yes	836,36	13,84		164	524	43,11	9	6,51	5,98	1,99	44,03
Uniform	721	Yes	922,36	46,16		220	624	43,55	8,6	5,63	5,07	2,03	43,68

1.8 Forsøg i stor skala efterår 2008

1.8.1 Konventionel lokalitet

Mønster	Tæthed planter m ⁻²	Herbicid	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede antal m ⁻²	Spiring ukrudt antal m ⁻²	Aks antal m ⁻²	TKV kerne		Vand-indhold %	Totaludbytte v. 15% vand t/ha	kerner > 2,5 mm v. 15% vand t/ha	N %	C %
								>25 mm	<25mm					
12,8 cm række	356	No	1130,36	92,92	292	884	400	44,04	22,62	6,69	7,87	6,91	1,41	42,41
12,8 cm række	356	No	1124,84	116,68	292	364	380	41,39	21,15	6,79	7,39	6,06	1,55	43,66
12,8 cm række	356	No	1427,68	177,32	568	888	440	42,97	21,41	6,91	7,65	6,19	1,51	42,85
12,8 cm række	721	No	1437,28	121,36	508	700	624	42,69	21,57	6,81	8,05	6,87	1,48	42,21
12,8 cm række	721	No	1120,88	50,32	612	368	476	39,48	21,06	6,42	6,89	5,87	1,54	42,75
12,8 cm række	721	No	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12,8 cm række	356	Yes	1386,08	1,56	.	.	448	42,37	22,81	7,44	8,46	6,99	1,73	40,45
12,8 cm række	356	Yes	1201,36	0,0004	.	.	416	41,21	21,41	6,69	7,69	6,18	1,80	43,58
12,8 cm række	356	Yes	1331,96	0,0004	.	.	488	40,97	21,4	6,65	8,53	6,71	1,59	42,44
12,8 cm række	721	Yes	915,56	0,0004	.	.	460	40,9	22,35	6,84	7,61	6,66	1,84	41,40
12,8 cm række	721	Yes	1482,48	0,0004	.	.	608	40,88	21,89	6,25	9,64	7,99	1,53	41,18
12,8 cm række	721	Yes	1368,96	1,12	460	.	548	41,76	21,71	6,65	9,51	7,70	1,62	42,49
4 cm række	356	No	1128,76	68,2	320	704	396	42,21	21,88	7,28	6,16	5,45	1,57	40,90
4 cm række	356	No	1009	123,2	304	576	368	42,31	22,49	.	6,88	5,94	1,51	41,45

4 cm række	356	No	1179,92	293,84	412	1420	396	42,7	19,81	6,7	7,87	6,25	1,61	43,20
4 cm række	721	No	1205,16	60,44	664	736	436	42,7	21,68	7,07	8,62	7,56	1,56	42,28
4 cm række	721	No	1179,4	60,16	596	376	464	40,28	20,57	6,76	8,74	7,14	1,54	43,09
4 cm række	721	No	1309,72	110,52	612	704	516	40,85	20,65	6,94	9,31	7,39	1,55	42,38
4 cm række	356	Yes	1017,32	0,28			336	42,07	21,95	6,61	9,20	7,55	1,64	41,31
4 cm række	356	Yes	1197,72	0,0004			380	39,86	21,84	6,86	7,19	5,84	1,76	42,69
4 cm række	356	Yes	1256,24	0,4			416	42,09	21,51	6,68	9,36	7,44	1,64	42,33
4 cm række	721	Yes	1016,76	0,0004			472	41,48	21,42	7,28	8,08	6,93	1,74	40,92
4 cm række	721	Yes	1283,12	0,0004			588	40,22	21,18	6,88	8,83	7,03	1,62	40,64
4 cm række	721	Yes	1571,24	0,0004			704	41,34	21,04	6,54	9,83	7,72	1,68	42,31
Uniform	356	No	945,72	68,12	384	628	360	40,81	21,57	6,71	5,85	5,15	1,67	42,37
Uniform	356	No	1073,36	159,76	340	472	376	42,12	22,77	6,8	6,82	5,87	1,40	41,97
Uniform	356	No	1265,16	130,88	596	996	444	42,44	20,62	6,91	7,64	6,20	1,46	42,45
Uniform	721	No	944,12	91,48	640	436	428	40,29	21,71	6,99	6,61	5,97	1,72	40,77
Uniform	721	No	1363,4	64,8	568	300	632	41	21,4	6,84	8,03	6,76	1,47	41,83
Uniform	721	No	1427,64	69,56	292	772	400	41,71	21,27	6,82	9,18	7,64	1,36	40,67
Uniform	356	Yes	1102,16	0,0004			328	40,71	22,12	7,17	6,64	5,72	1,72	41,01
Uniform	356	Yes	1318,52	0,0004			424	41,6	21,18	6,8	7,95	6,45	1,57	41,71
Uniform	356	Yes	1309,76	0,0004			408	42,45	21,17	7,01	7,57	6,05	1,61	41,58
Uniform	721	Yes	985,48	0,0004			480	39,73	21,43	6,36	7,52	6,48	1,80	41,40
Uniform	721	Yes	1320,64	0,0004			604	41,7	21,87	7,19	8,89	7,63	1,63	42,44
Uniform	721	Yes	1598,44	0,0004			696	40,19	19,92	6,75	8,90	6,85	1,67	42,94

1.8.2 Økologisk lokalitet

Mønster	Tæthed planter m ⁻²	Harrow	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede antal m ²	Spiring ukrudt antal m ²	Aks antal m ²	TKV kerner		Vand-indhold %	Totaludbytte v. 15% vand t/ha	kerner > 2,5 mm v. 15% vand t/ha	N %	C %
								>25 mm	<2,5 mm					
12,8 cm række	356	No	1513,64	80,28	352	88	492	40,84	21,01	7,88	8,03	6,49	1,47	42,43
12,8 cm række	356	No	1445,4	56,24	288	56	496	41,23	20,72	7,88	7,40	6,12	1,46	41,85
12,8 cm række	356	No	1061,12	54,96	256	124	440	40,64	20,5	7,67	7,77	6,25	1,60	43,63
12,8 cm række	721	No	1282,24	12,28	452	40	568	38,49	20,37	7,66	7,94	6,18	1,44	42,54
12,8 cm række	721	No	1208,88	163,32	556	148	536	40,49	20,86	7,27	8,11	6,65	1,38	42,95
12,8 cm række	721	No	1241,84	13,6	548	92	580	40,41	19,82	7,03	6,85	5,36	1,56	41,35
12,8 cm række	356	Yes	1231,76	34,4			424	39,9	21,32	7,15	7,18	5,70	1,39	41,88
12,8 cm række	356	Yes	1460,36	35,24			500	39,02	20,73	7,01	7,63	6,26	1,57	42,98
12,8 cm række	356	Yes	1140,24	9,52			380	41,18	20,39	8,25	7,03	5,67	1,55	43,63
12,8 cm række	721	Yes	1317,64	14,76			536	39,64	20,77	6,82	7,91	6,27	1,49	41,59
12,8 cm række	721	Yes	1257,04	38,88			552	38,27	20,35	7,74	7,38	5,87	1,54	42,08
12,8 cm række	721	Yes	1156,68	41,28			508	38,9	19,62	7,74	7,65	6,04	1,58	42,12
4 cm række	356	No	1045,96	105,72	308	44	360	42,83	20,16	7,75	8,66	7,16	1,42	41,74
4 cm række	356	No	1308,84	87,2	360	108	444	41,53	20,96	7,29	7,63	6,05	1,46	43,09

4 cm række	356	No	1120,76	50,52	328	200	388	40,82	20,7	7,17	7,11	5,58	1,56	42,31
4 cm række	721	No	1409,92	35,24	636	36	640	40,36	20,92	8,42	8,35	6,76	1,40	41,38
4 cm række	721	No	1431,84	35,12	740	64	568	40,95	21,3	8,3	8,43	6,67	1,46	42,18
4 cm række	721	No	1077,36	71,28	668	164	608	40,09	20,54	7,51	7,18	5,71	1,64	42,81
4 cm række	356	Yes	1203,8	16,24			416	40,71	20,83	7,24	7,53	5,70	1,41	42,02
4 cm række	356	Yes	1198,08	55,08			412	41,28	20,84	7,18	7,61	6,30	1,35	41,68
4 cm række	356	Yes	1232,96	59,16			448	40,83	16,66	7,51	7,06	5,40	1,59	42,47
4 cm række	721	Yes	1338,96	10			548	39,63	20,67	7,38	7,95	6,27	1,45	42,97
4 cm række	721	Yes	1181,92	28,8			584	40,64	21	7,23	8,16	6,61	1,42	42,17
4 cm række	721	Yes	1048,28	27,36			588	40,08	20,48	7,34	7,64	6,19	1,41	42,23
Uniform	356	No	1295,24	68,2	376	116	444	39,29	19,9	7,08	7,25	5,77	1,48	43,84
Uniform	356	No	1378,12	78,44	360	148	516	40,14	21,08	8,07	7,28	5,87	1,46	42,76
Uniform	356	No	1079	41,2	376	176	368	39,91	20,11	7,19	6,95	5,56	1,46	42,53
Uniform	721	No	1262,6	20	660	76	628	42,02	20,85	6,91	8,95	7,55	1,47	43,65
Uniform	721	No	1345,08	48,4	696	64	724	39,52	20,56	7,07	8,00	6,50	1,39	43,67
Uniform	721	No	1322,4	41,28	724	172	700	39,67	20,88	9,2	7,26	5,80	1,54	42,83
Uniform	356	Yes	1046,88	14,24			380	41,14	20,69	7,61	7,28	6,27	1,39	42,50
Uniform	356	Yes	1382,96	29,2			512	38,11	20,49	7,61	6,68	5,31	1,42	42,66
Uniform	356	Yes	1102,96	56,84			440	40,2	20,19	6,8	6,95	5,63	1,51	43,25
Uniform	721	Yes	1605,6	26,52			764	40,85	19,82	8,61	7,76	5,91	1,38	42,41
Uniform	721	Yes	1287,6	37,48			728	40,64	20,64	7,81	8,06	6,59	1,44	42,27
Uniform	721	Yes	1171,44	41,08			672	40,13	20,45	7,38	7,84	6,50	1,37	42,34

1.9 Forsøg i stor skala forår 2009

1.9.1 Konventionel lokalitet

Mønster	Tæthed planter m ⁻²	Herbicide	Biomasse hvede, g m ⁻²	Biomasse ukrudt, g m ⁻²	Spiring hvede antal m ⁻²	Spiring ukrudt antal m ⁻²	Aks antal m ⁻²	TKV kerner		Vand-indhold %	Totaludbytte v. 15% vand t/ha	kerner > 2,5 mm v. 15% vand t/ha	N %	C %
								>25 mm	<2,5 mm					
12,8 cm række	356	No	320,32	370,68	280	400	272	33,24	20,91	8,33	1,59	0,77	2,10	44,54
12,8 cm række	356	No	626,16	122,04	316	116	356	36,27	24,29	6,96	3,29	2,17	2,19	45,75
12,8 cm række	356	No	1018,68	81,72	312	100	496	40,07	25,9	8,3	5,10	3,72	1,92	46,01
12,8 cm række	721	No	624,6	283,24	640	452	432	32,3	19,95	7,66	.	0,99	1,72	45,02
12,8 cm række	721	No	737,16	41,64	476	92	480	36,99	24,45	7,52	4,84	3,24	1,93	45,04
12,8 cm række	721	No	868,56	56,04	524	92	464	38,38	25,96	7,51	5,67	4,33	1,66	44,54
12,8 cm række	356	Yes	655,36	7,76	376		324	38,66	26,24	7,5	4,13	2,97	2,06	44,86
12,8 cm række	356	Yes	694,08	1,64	312		348	39,2	26,45	8,22	3,88	2,64	2,46	46,03
12,8 cm række	356	Yes	708,92	0,36	268		348	39,05	25,41	6,75	5,74	4,70	2,01	45,56
12,8 cm række	721	Yes	752,92	.	524		628	37,17	24,82	7,58	4,81	2,99	2,06	43,31
12,8 cm række	721	Yes	697,48	.	592		300	37,21	26,21	8,29	4,11	2,30	2,39	45,30

12,8 cm række	721	Yes	870,24	2,28	520		600	39,22	27,98	7,51	6,02	4,55	1,93	45,30
4 cm række	356	No	557,56	199,12	308	308	236	34,13	20,99	7,47	3,62	2,33	1,83	43,95
4 cm række	356	No	723,24	58,6	312	108	380	38,88	25,22	6,6	4,69	3,49	1,80	44,08
4 cm række	356	No	852,24	98,76	320	52	388	39,63	26,67	7,51	5,24	3,98	1,81	45,22
4 cm række	721	No	600,28	235,84	708	416	548	30,79	18,13	6,44	2,51	1,24	1,90	44,91
4 cm række	721	No	645,12	35,28	744	64	536	34,1	22,7	7,68	3,99	2,48	2,04	46,18
4 cm række	721	No	790,88	45,64	612	72	508	37,95	25,17	7,67	5,79	4,35	1,69	45,19
4 cm række	356	Yes	554,36	1,92	316		304	37,33	23,16	6,95	3,54	2,63	2,36	44,64
4 cm række	356	Yes	782,24	0,16	320		336	40,6	26,48	7,78	5,00	4,15	1,99	45,78
4 cm række	356	Yes	756,16		344		444	38,51	23,98	8,05	6,15	5,20	1,87	44,65
4 cm række	721	Yes	741,52		852		548	36,57	24,4	6,73	4,87	3,34	2,02	44,62
4 cm række	721	Yes	741,68	0,04	636		652	36,55	25	7,17	4,68	3,36	2,13	46,10
4 cm række	721	Yes	843,92		604		648	38,34	26,46	7,82	6,49	5,12	1,82	46,21
Uniform	356	No	570,12	314,48	376	276	332	35,31	25,62	9,05	3,23	2,24	1,78	44,61
Uniform	356	No	781,52	83,36	356	84	368	37,92	26,44	7,18	4,73	3,56	1,72	44,66
Uniform	356	No	718,32	68,56	364	124	320	38,91	26,74	7,23	5,10	3,96	1,70	44,90
Uniform	721	No	748,12	113,2	704	284	620	32,58	21,75	7,43	3,36	1,62	1,83	44,66
Uniform	721	No	680,96	21,64	672	96	660	33,68	22,8	8,87	4,16	2,67	1,86	45,51
Uniform	721	No	941,2	13,44	796	124	748	37,87	24,24	6,54	6,04	4,67	1,66	44,95
Uniform	356	Yes	580,76	0,52	344		356	37,86	24,48	7,9	3,62	2,78	2,02	44,70
Uniform	356	Yes	934,76	1,32	292		440	38,09	27,39	7,22	4,84	3,33	1,88	44,82
Uniform	356	Yes	890,8	3,12	328		496	39,79	26,33	8,55	5,19	4,10	1,79	45,43
Uniform	721	Yes	728,08	0,36	728		568	34,69	23,17	7,73	3,54	1,63	2,19	45,20
Uniform	721	Yes	876		820		592	36,66	25,73	6,53	5,58	3,31	1,95	45,81
Uniform	721	Yes	802,2	0,08	720		748	39,37	26,92	7,31	6,42	4,69	1,88	45,55

1.9.2 Økologisk lokalitet

Mønster	Tæthed planter m ²	Harrow	Biomasse hvede, g m ²	Biomasse ukrudt, g m ²	Spiring hvede antal m ²	Spiring ukrudt antal m ²	Aks antal m ²	TKV kerner		Vand-indhold %	Totaludbytte v. 15% vand t/ha	kerner > 2,5 mm v. 15% vand t/ha	N %	C %
								>25 mm	<2,5 mm					
12,8 cm række	356	No	410,43	67,26	184	196	312	38,63	25,82	6,75	4,84	3,60	2,11	45,38
12,8 cm række	356	No	552,39	82,77	188	176	348	38,19	25,76	8,01	4,72	3,09	2,37	46,94
12,8 cm række	356	No	420,84	121,29	176	168	248	38,95	26,04	9,21	4,93	3,91	2,21	45,83
12,8 cm række	721	No	601,59	69,33	436	212	424	37,77	21,72	7,76	5,08	3,54	2,28	45,55
12,8 cm række	721	No	678,3	125,37	424	212	508	37,52	24,93	8,04	4,96	3,10	2,34	44,78
12,8 cm række	721	No	673,26	47,49	252	76	432	38,63	24,53	7,53	4,96	3,42	2,31	45,82
12,8 cm række	356	Yes	615,78	127,68	248		396	37,65	25,36	7,91	5,68	4,20	2,19	46,28
12,8 cm række	356	Yes	413,94	201,87	260		292	38,54	24,26	7,77	3,84	2,77	2,30	44,99
12,8 cm række	356	Yes	544,77	91,56	164		312	36,94	26,66	8,11	3,71	2,87	2,22	46,11
12,8 cm række	721	Yes	657,6	99,87	296		404	38,29	25,9	8,74	5,66	4,17	2,18	44,78
12,8 cm række	721	Yes	723,9	33,12	408		472	37,56	23,6	8,82	4,78	2,97	2,28	44,21
12,8 cm række	721	Yes	518,79	15,3	364		632	38,19	24,22	8,39	5,29	3,84	2,20	45,38
4 cm række	356	No	483,78	109,32	292	148	292	37,98	24,79	7,08	5,18	3,78	2,03	44,52

4 cm række	356	No	654,93	124,92	280	112	404	37,5	25,86	8,9	4,91	3,36	2,33	45,28
4 cm række	356	No	663,78	145,86	248	136	472	38,13	25,6	7,84	5,15	3,88	2,27	46,41
4 cm række	721	No	620,04	58,65	508	100	460	37,41	25,89	9,32	6,77	4,83	2,15	44,78
4 cm række	721	No	943,65	21,81	604	100	552	36,91	25,11	7,77	6,21	4,05	2,03	44,23
4 cm række	721	No	608,4	63,15	548	136	440	37,84	23,79	9,67	5,75	4,45	2,18	46,22
4 cm række	356	Yes	578,61	67,95	308		380	39,52	25	8,56	5,32	4,11	2,07	44,74
4 cm række	356	Yes	597,36	40,05	368		424	36,93	24,65	7,08	5,23	3,78	2,13	45,03
4 cm række	356	Yes	557,52	26,88	240		364	39,01	25,5	7,59	5,84	4,63	1,98	45,17
4 cm række	721	Yes	612,18	84,72	488		452	36,22	23,95	8	5,99	4,27	2,09	45,45
4 cm række	721	Yes	700,74	77,88	636		592	36,67	24,87	8,3	5,56	3,63	2,13	45,46
4 cm række	721	Yes	711,42	67,74	540		500	37,96	25,4	9,02	5,74	3,97	2,26	46,04
Uniform	356	No	678,93	128,34	348	128	408	37,36	25,42	8,48	4,44	3,09	2,20	46,52
Uniform	356	No	369,96	295,44	364	200	232	37,97	24,73	8,32	4,31	3,02	2,15	45,32
Uniform	356	No	676,86	44,58	328	152	392	39,57	26,4	8,22	4,77	3,72	2,13	45,89
Uniform	721	No	765,51	74,16	604	292	616	36,65	24,75	9,9	6,03	4,22	2,16	46,11
Uniform	721	No	768,57	41,46	764	328	792	36,88	24,56	10,09	5,43	3,36	2,18	44,87
Uniform	721	No	685,62	40,44	672	200	616	37,11	24,91	8,87	5,52	3,81	2,08	45,09
Uniform	356	Yes	646,29	11,67	328		468	38,59	24,7	8,61	4,94	3,68	2,15	44,30
Uniform	356	Yes	711,12	64,47	328		416	36,94	27,23	8,28	5,07	3,31	2,13	44,66
Uniform	356	Yes	562,08	33,78	300		408	38,65	25,45	7,69	4,48	3,42	2,23	45,48
Uniform	721	Yes	668,64	40,62	592		520	37,49	25,44	10,17	6,21	4,19	2,13	45,47
Uniform	721	Yes	788,82	51,12	724		548	36,96	25,75	9,64	5,23	3,29	2,27	44,89
Uniform	721	Yes	690,09	34,2	688		664	36,58	25,1	7,95	5,11	3,18	2,14	45,33

1 Cultivation systems for grain crop establishing in different spatial patterns

1.1 Introduction

The objective of this study is to analyze the economic feasibility of implementing new seeding and cultivation systems in cereal production. The analysis is based on differential analysis in which we compare conventional systems (both conventional and organic) with new seeding patterns and cultivation practices. For each technical system we assess the cost structure according to initial investments, depreciation time, capacities, speed and labour/fuel costs. The farm economic benefits are based on field experiments in 2008 and 2009 in conventional and organic spring wheat at Højbakkegård, Taastrup. Findings from these experiments include yields, wheat densities and net economic benefits in relation to various seed patterns.

1.2 System description - seeding and cultivation

Initially we will describe the eight different sowing system operations for grain crops in different spatial patterns. All systems are based on commercial available technologies. A few selected systems have to be slightly modified to enable the farmer to carry out the task, but all parts to make the modifications are commercially available. The systems are able to carry out the tasks with different seedbed preparation techniques and with different sowing densities and patterns.

The sowing pattern range from 12 cm row distances in conventional systems to 6 cm and uniform patterns.

Figure 1 indicate the timescale for seeding and cultivation for the various systems.

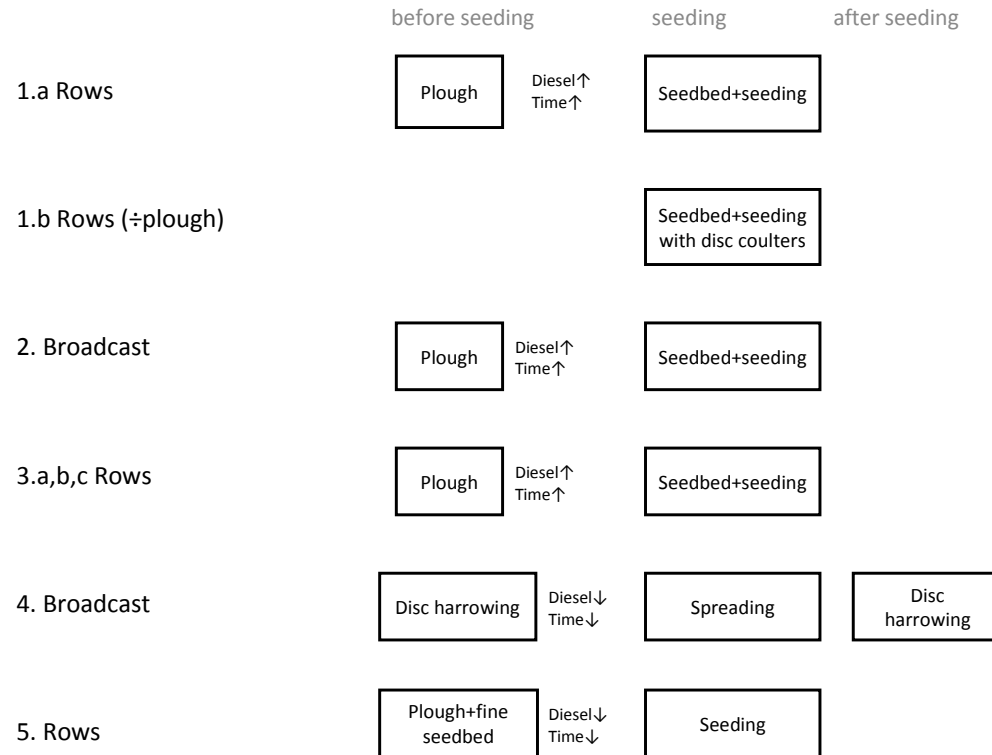


Figure 1. Timescale for seeding and cultivation. The arrows imply that the labour time and use of diesel goes either up or down by using the specific system.

1.a. Conventional seeding (plough)

Inverting primary tillage (plough) and seedbed preparation (rotary harrow and packer roller) is required for maximum exploitation of this type of machine system. The seeds are placed in rows with a distance of 12 cm by seed coulters which are followed by covering harrows that cover soil above the seeds (www.mi.dk, 2009).

1.b. Conventional seeding (ploughless)

No primary tillage is used here (ploughless) but a seedbed preparation (rotary harrow and packer roller) is required for this type of machine system. The basic seeding machine is the same as in 1.a, but instead of conventional coulters this machine has disc coulters. The disc coulters allow seeds to incorporate into the topsoil with high amount of plant residues (www.mi.dk, 2009).

2. Broadcast Band Seeding

This machine system uses the same primary (plough) and secondary cultivation (rotary harrow) as 1.a, but instead of conventional coulters this machine has wide band coulters. The seeds are incorporated into the soil and distributed randomly within the band's width of 8 cm. By having also a row width of 8 cm this seeding system will have no gap between the row bands and hence having distributed the seeds at 100% of the field area (www.koekerling.com, 2009).

3.a. Narrow rows + conventional coulters

The machine system has the same tillage operations and basic seeder as within case 1.a conventional seeding (plough). The only difference is that the row width is 6 cm instead of 12 cm (www.mi.dk, 2009).

3.b. Narrow rows + cascade coulters

The machine system has the same tillage operations and basic seeder as within case 3.a conventional seeding (plough). The only difference is that instead of conventional coulters so-called cascade coulters are used. Cascade coulters are used to improve evenness of seed spacing and higher evenness of seeding depth (www.mi.dk, 2009).

3.c. Ultra-narrow rows + conventional coulters

The machine system has the same tillage operations and basic seeder as within case 3.a conventional seeding (plough). The only difference is that the row width is 4 cm instead of 12 cm (www.mi.dk, 2009).

4. Broadcast Spread Seeding

The basic machine used in this case is a mounted fertilizer spreader. The machine distributes the seeds randomly in a range from 12-24 meters in a broadcast pattern not incorporated on top of the soil. When using this method shallow non-inverting soil cultivation before seeding is needed as well as afterwards. The second shallow cultivation is necessary in order to cover the seeds with soil (personal contact with Ole Buhl from Bredal).

5. Accord/Precision

This machine is able to plant seeds individually. The machine has a standard gearbox in which up to 18 different seed spacing can be chosen varying from 1 cm to 56 cm. The machine is capable of sowing seed that vary in shape, size and surface. A technique based on atmospheric jet and vacuum ensures accurate positioning within the furrow. It is most suitable for certain types of vegetables. It is necessary to make a fine seedbed preparation which includes prior inverting tillage (plough) and intensive seedbed preparation (rotary harrow). The capacity of the machine is low due to the working width of 1.5 meters and the slow speeds (max 3.6 km/h) (www.kvernlandgroup.com, 2009).

In table 1 is presented the technical assumptions for each system and the cost per hectare for using the seeding system in combination with different cultivation technologies. Two scenarios are presented. One for implementation on 100 ha and one on 500 ha.

1.3 Cost of cultivation systems (ploughing and seedbed preparation)

In table 1 is presented the cost of the eight different systems on 100 ha and 500 ha.

We assume that the depreciation period is between 5-20 years depending on the system. As indicated the costs of seeding and additional cultivation increases the more complex the seeding pattern is. Most expensive is the uniform seed treatment with Accord Miniar (scenario 5) and the cheapest solutions are conventional seeding without ploughing (scenario 1b) and pneumatic spreading (scenario 4).

Notes for the following table table 1 on technical assumptions and cost of cultivation systems (ploughing and seedbed preparation):

[1] Seed bed preparation is similar to rotor harrowing.

[2] 1.5 m width/(10 groups *3 sowing units) = 5 cm rows. Two unit rows are needed for 5 cm row distances, one row is mounted behind the first row. Main frame, fan and tractor attachments are kept.

[3] It is assumed that a 3-meter sowing machine is used on 100 ha and 500 ha.

Calculation of machine price in 3b: find the additional cost in percentage between 1a and 1b = 11% for 3 meter and 12% for 4 meter. Then use 3a costs and add respectively 11% and 12%.

Calculation of price pr. ha is based on “Håndbog til Driftsplanlægning 2008” (Dansk Landbrugsrådgivning/Landbrugsforlaget). It is assumed that seeding principle 2,3a, 3b and 3c decrease work capacity with 5%, 10%, 15 % and 20%, respectively using 1.a as the base level.

Note: In modern farming 90 pct of the rotor harrowing is done in combination with seeding (same machine). Note: Broadcast Band Seeding (scenario 2) and pneumatic seeding (scenario 4) provide more or less the same horizontal seed distribution.

For all the calculations we assume that all other equipment is already at the farm except from the sowing machine. Therefore, the farmer does not need investments, except for the sowing machine, but variable costs for fuel, time, seeds etc. are needed.

Table 1 Technical assumptions and cost of cultivation systems (ploughing and seedbed preparation)

Seeding Principle (Brand)	Speed (km/h)	Working width (m)	Row Width (cm)	Tillage requirements	Price (DKK)	Costs of maintenance per year	lifetime	DKK/ ha (100 ha) [3]	DKK/ ha. (500 ha)[3]	Comments
1.a Conventional Seeding (Plough) (several companies)	10	3 – 6	12 (conventional coulters in rows)	Ploughing + Seedbed preparation[1]	(3 m, 25 coulters) 220,200 (4 m, 33 coulters) 269,400	1500 DKK for 100 ha 5000 DKK for 500 ha	8-12	714	498	commercial
1.b Conventional Seeding (Ploughless) (several companies)	10	3 – 6	12 (disc coulters in rows)	Seedbed preparation[1]	(3 m, 25 disc coulters) 244,400 (4 m, 33 disc coulters) 302,500	1500 DKK for 100 ha 5000 DKK for 500 ha	8-12	345	110	commercial
2. Broadcast Band Seeding (Rabe, Pöttinger, etc.)	8	3 - 6	8 (wide band coulters with 8 cm bands)	Ploughing + Seedbed preparation [1]	(3 m, 37 wide band coulters, extra distributor, extra frame) 230,000 (4 m, 50 wide band coulters, extra distributor) 275,000	2000 DKK for 100 ha 6000 DKK for 500 ha	10-15	740	508	not commercial but all components are. Perhaps higher fuel consumption
3.a Narrow Rows + Conventional coulters (several companies)	10	3	6	Ploughing + Seedbed preparation[1]	(3 m, 50 coulters, extra distributor, extra frame) 319,913 (4 m, 66 coulters, extra	2000 DKK for 100 ha 6000 DKK	8-12	836	532	not commercial but all components are.

3.b Narrow Rows + Cascade coulters (Kuhn)	10	3	6	Ploughing + Seedbed preparation [1]	distributor, extra frame) 395,849 (3 m, 50 cascade coulters, extra distributor, extra frame) 355,103 (4 m, 66 cascade coulters, extra distributor, extra frame) 555,350	for 500 ha 2000 DKK for 100 ha 6000 DKK for 500 ha	8-12	878	546	not commercial but all components are.
3.c Ultra narrow Rows + Conventional coulters (several companies)	8	3	4	Ploughing + Seedbed preparation [1]	(3 m, 75 coulters, extra distributor, extra frame) 419,626 (4 m, 100 coulters, extra distributor, extra frame) 519,339	2000 DKK for 100 ha 6000 DKK for 500 ha	8-12	951	567	not commercial but all components are.
4. Pneumatic Spread Seeding (Kongskilde)	15	18	Broadcasting, no coulters	Disc harrowing before and after seeding	Existing on farm	3300 DKK for 100 ha 10,000 DKK for 500 ha	10-20	289	241	commercial Perhaps Higher seed rates necessary
5. Precise seeding (Accord Miniair S)	Max. 3.6	1.5 [2]	Depending on seed density	Ploughing + Fine Seedbed preparation	(Extra frame) 500.000	3300 DKK for 100 ha 10.000 DKK for 500 ha	5	1462	982	commercial, but modifications needed