

Rumlig og tidsmæssig variabilitet i tørstofproduktion hos almindelig rajgræs (*Lolium perenne*)

Spatial and temporal variability in dry matter production of perennial ryegrass

ANNETTE ANDERSEN

Resumé

Produktionen af almindelig rajgræs blev fulgt igennem tre år, 1985–87, på to lokaliteter, en grovsandet jord og en lerjord. I forsøgsarealer på 0,5 ha blev der ved 16 faste punkter målt tørstofudbytte ved hvert slået.

Der var store udbytteforskelle imellem punkterne, og for hvert enkelt punkt varierede udbyttene fra slået til slået. I det første forsøgsår var der ved begge lokaliteter en betydelig negativ korrelation imellem punkt-udbytter ved første og anden slået og en betydelig positiv korrelation imellem punkt-udbytter ved første og tredje slået.

Nøgleord: Alm. rajgræs, udbytte, variation, tidsmæssig variabilitet, rumlig variabilitet, semi-variogram, bladareal, plantekemi, tekstur.

Summary

The dry matter yield of perennial ryegrass was studied during the years 1985–87 at a coarse sand (Jyndevad) and a sandy loam (Tåstrup). The test fields were 0.5 ha. The yield was measured at 16 points at mowing.

The variation in yield between the points was large, and concerning the individual point the yield level varied from cut to cut. A significant negative correlation was found between the yield

Der var hverken for de enkelte slåtudbytter eller for det samlede årlige udbytte grundlag for en generel opdeling af punkter som højt- eller lavtydende.

Ved hjælp af semi-variogrammer blev der på forskellige tidspunkter på lerjorden påvist rumlig afhængighed over afstande fra 11 til 81 m og på sandjorden fra 4 til 55 m. I visse tilfælde var der ingen påviselig afgrænset rumlig afhængighed.

På sandjorden fandtes i den tørre sommer 1986 en svag positiv korrelation imellem udbytte og jordens humusindhold.

at 1st and 2nd cut in 1985 and a positive correlation between 1st and 3rd cut.

There was no basis for dividing points as regards high or low yielding nor as regards the annual total yield.

Spatial variability was analysed by semi-variograms. At different times the range of spatial dependence was between 4 and 55 m for the sandy soil and between 11 and 81 m for the loamy soil.

The average range for the first year was at both sites approximately 30 m. It was not always possible to define a range.

In the dry summer of 1986 there was a positive correlation between the yield at the sandy soil and the soil humus content.

Key words: Perennial ryegrass, yield, variation, temporal variability, spatial variability, semi-variogram, leaf area index, texture.

Indledning

Statistiske analyser vedrørende planteproduktion er ofte begrænset til beregning af middelværdi og spredning. Der eksisterer imidlertid både rumlige og tidsmæssige variationer af ukendt omfang.

Nærværende undersøgelse havde til formål at beskrive variabiliteten i planteproduktionen inden for et begrænset areal og finde frem til eventuelle rumlige variationsmønstre.

Sådanne forhold kan have betydning for valg af parcelstørrelse og prøvetagninger i markforsøg.

I teorien må målinger, der foretages med lille afstand, forventes at være stærkt korrelerede eller nær identiske. Når afstanden øges, aftager afhængigheden, således at der ud over en vis afstand imellem observationerne ikke længere er afhængighed imellem værdierne af den pågældende variabel.

Rækkevidden af den rumlige afhængighed vil her være givet ved den mindste afstand, der skal være imellem to prøver, for at de kan betegnes som rumligt uafhængige.

Metodik

Forsøgsbeskrivelse

Lokaliteterne var en grovsandet jord ved Jynde- vad (JB 1) og en lerjord ved Tåstrup (JB 7).

Afgrøden var almindelig rajgræs (*Lolium perenne*), som blev sået i efteråret 1984.

Forsøgsarealerne var på 0,5 ha (50×100 m). Heri afsattes 45 punkter: 29 A-punkter, 6 B-punkter, 6 C-punkter og 4 D-punkter, se fig. 1. (Punkternes forskellige betegnelser har kun betydning for mængden af registrerede data).

I disse punkter blev der også foretaget jordfysiske og hydrologiske undersøgelser. *S. Hansen et al.* har beskrevet den rumlige variabilitet af de jordfysiske parametre (3, 4).

Der blev gødet med NPK-gødning, ca. 100 kg N pr. ha i det tidlige forår samt efter slæt på nær efter det sidste.

Planteproduktionen blev målt igennem tre vækstsæsoner i årene 1985–87. Datoer for slæt fremgår af tabel 1.

Prøvetagning

Der blev ved hver slæt målt udbytte ved 16 punkter (B-, C- og D-punkter). I 1986 målt desuden udbytte ved de øvrige punkter (A-punkter) ved alle slæt i Jynde vad, men kun ved anden slæt i Tåstrup.

Ved Jynde vad høstedes to prøveflader á 2,04 m² (1,2 × 1,7 m) placeret med en meters afstand henholdsvis øst og vest for hvert punkt. Ved Tåstrup høstedes ved hvert punkt tre prøveflader á 1 m² (1×1 m). Prøvefladerne placeredes vilkårligt inden for få meters afstand. Der målt friskvægt og tørstofprocent. Heraf beregnedes udbytte i hkg tørstof pr. ha.

Tabel 1. Datoer for slæt samt årligt tørstofudbytte. *Mowing dates and the annual dry matter yield.*

Lokalitet <i>Locality</i>	År <i>Year</i>	1. slæt <i>1st cut</i>	2. slæt <i>2nd cut</i>	3. slæt <i>3rd</i>	4. slæt <i>4th cut</i>	5. slæt <i>5th cut</i>	Udbytte, hkg/ha <i>Yield, hkg/ha</i>
Jynde vad	85	06.06	09.07	12.08	02.10		112
	86	12.06	16.07	01.10			54
	87	27.05	01.07	13.08	05.10		124
Tåstrup	85	10.06	02.07	05.08	09.09	23.10	139
	86	02.06	08.07	11.08	23.10		142
	87	09.06	20.07	20.08	13.10		130

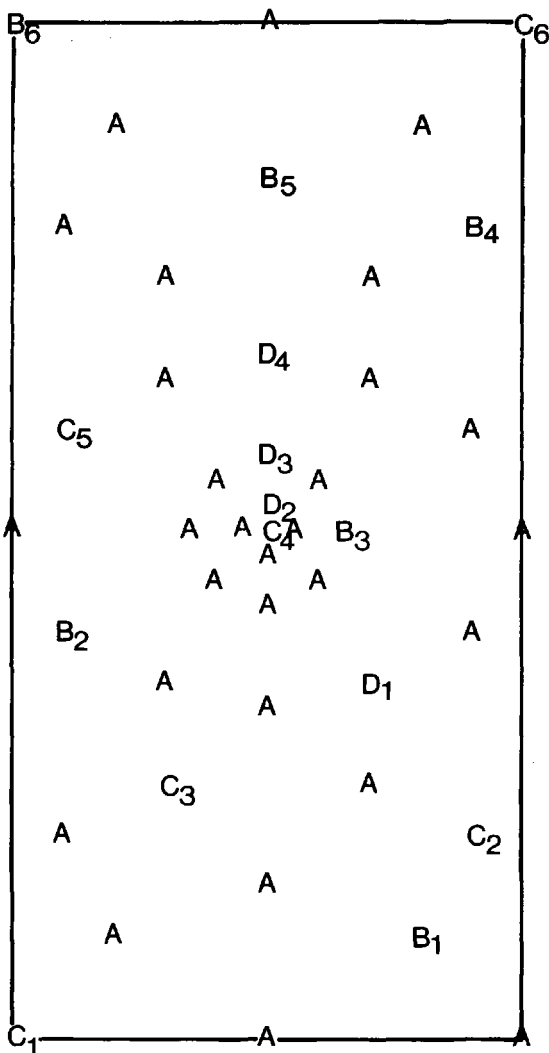


Fig. 1. Placering af punkter i forsøgsarealet.
Test site and location of sampling points.

Imellem slæt blev der desuden målt udbytte ved hvert hjørne af forsøgsarealet med ca. en uges mellemrum. Der høstedes tre prøvelfelter ved hvert hjørne. Ved Jyndevad målttes her også bladeareal. I 1986 blev plantemateriale fra Jyndevad analyseret for indhold af kalium (K), kvælstof (N) og fosfor (P). Ved anden slæt analyseredes en fællesprøve pr. punkt, men ved tredje slæt en prøve fra hver enkelt prøveflade.

Statistiske analyser

Fordeling

Test for normalfordeling blev udført ved beregning af Shapiro-Wilk teststørrelsen W (8).

Korrelationer

Korrelationer mellem to variable blev undersøgt ved beregning af korrelationskoefficienten r (8).

Rumlig variabilitet

Første trin i beskrivelsen af den rumlige variabilitet var beregning af semi-variansen, γ , Semi-variansen, $\gamma(h)$, estimeres ud fra variansen på differenserne imellem alle, N , parvise observationer i afstanden h , idet $\gamma(h)$ er variansen pr. observation, altså halvdelen af denne værdi:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

hvor x_i er et punkt defineret ved koordinater, og Z er en isotrop, stationær variabel med en tilfældig, rumlig fordeling (2, 11).

I et semi-variogram afbildes semi-variansen som funktion af afstanden. Ideelt er semi-variansen nul i afstanden nul og stiger med øget afstand til en mere eller mindre konstant tærskelværdi (engelsk: sill) som er lig med variansen. Tærskelværdien nås i afstanden a , som derved betegner rækkevidden (engelsk: range) af den rumlige afhængighed.

Prøver, som adskilles ved afstande større end a , er rumligt uafhængige, mens mindre afstande indicerer en vis rumlig relation.

I praksis findes dog ofte, at semi-variansen går mod en positiv grænseværdi for h gående mod nul. Det kaldes klump-effekten (engelsk: nugget effect). Klumpeffekt består af måleusikkerhed og variation i en mindre målestok end den, hvorved prøveudtagningen er sket. Hvis semi-variansen antager en konstant værdi for alle afstande svarende til en ren klump-effekt, er der ingen tegn på rumlig afhængighed.

Semi-varianserne blev beregnet ved tilpasning af et program udarbejdet af *Kristian Kristensen*, Afdeling for Biometri og Informatik, Statens Planteavlsforsøg. For nærmere beskrivelse af ovennævnte analysemetoder se (1, 2, 3, 11).

Med det formål at estimere rækkevidden af den rumlige afhængighed, blev der foretaget non-lineær regression efter en sfærisk model, hvor der er indsat en tærskelværdi for afstande større end rækkevidden. Her anvendtes DUD metoden,

som er en modificeret udgave af Gauss-Newton metoden (9). Det er en iterativ proces, hvorved parametrene i den opstillede model estimeres som de værdier, der giver den mindste lokale (og forhåbentlig også globale) rest-kvadratsum.

Resultater og diskussion

Tørstofproduktion igennem tre år

Udbytteerne ved slæt samt ved prøvehøstningerne imellem slæt er afbildet i fig. 2 og 3. Her er også afsat nedbør for hver enkelt dag (6).

Det samlede udbytte for hvert år ses desuden i tabel 1.

Vækstsæsonerne i 1985 og 1987 var præget af rigelig nedbør ved Jyndeved, mens der i 1986 var et stort nedbørsunderskud. Nedbørsforholdene afspejledes i de store udbytteforskelle imellem årene. Ved Tåstrup var der kun mindre afvigelser fra normal-nedbøren.

Især ved Jyndeved bar græsset i det tidlige forår præget af dårlig vækst som følge af vinteren. I 1987 var græsset helt udvintret visse steder, og ved tre punkter blev der sået nyt græs. Helt hen sidst i juni måned var der stadig bare pletter, mens resten af marken var i kraftig vækst.

Fordelingsfunktion for udbytte

Der blev for hver slæt foretaget test for, om udbytteerne kunne antages at være normalfordelte, dvs. om de høstede felter kunne betragtes som tilfældige prøver taget ud af en normalfordeling. Resultaterne ses i tabel 2.

Ved Jyndeved måtte nulhypotesen om en normalfordeling kun forkastes ved tre ud af i alt elleve slæt. Ved andet slæt i 1985 var fordelingen højreskæv i forhold til normalfordelingen, ved første slæt i 1986 var den topflad, mens den ved anden slæt i 1987 var både stærkt venstreskæv og meget topstejl. Der var altså ingen generel skævhed eller kurtose. Ser man på de samlede udbytter for hele året, var der ingen signifikante afvigelser fra normalfordelingen.

Ved Tåstrup var der ved fem slæt ud af tretten signifikant afvigelse fra normalfordelingen. I alle tilfælde var fordelingen her højreskæv og topstejl.

Samme test blev foretaget på logaritmetransformerede data. For Jyndeved havde de transformerede værdier kun en væsentlig bedre normalfordeling end de oprindelige ved de to første slæt i 1986, mens det modsatte var gældende i flere tilfælde.

For Tåstrup medførte logaritmetransformationen ved næsten alle slæt en bedre normalforde-

ling, således at der kun ved første slæt i 1987 var signifikant afvigelse fra normalfordelingen. Derimod gav transformeringen af de summerede udbytter for 1985 og 1987 en væsentligt ringere tilnærmelse til normalfordelingen.

Generelt kan udbytteerne ved Jyndeved beskrives ved en normalfordeling, mens udbytteerne ved Tåstrup er mere klumpet fordelt med flere ekstremt høje udbytter og flere udbytter nær gennemsnittet end normalt.

Mange statistiske tests som fx test og fortolkning af korrelationskoefficienter forudsætter, at data er normalfordelt.

Ved ingen af lokaliteterne er der fundet begrundelse for, at en generel logaritmetransformation af data skulle forbedre approximationen til en normalfordeling.

Udbyttevariation ved punkter

I fig. 4 er afbildet de målte forskelle i udbytter ved de enkelte punkter i Jyndeved. Året 1985 er valgt som eksempel, fordi der ikke var særligt væksthæmmende faktorer eller manglende data for denne vækstsæson. De største udbytteforskelle imellem punkter ses ved de første to slæt.

Tabel 2. Sandsynligheden, P , for at udbyttefordelingens afvigelse fra en normalfordeling er tilfældig. Stjerne angiver, at fordelingen er signifikant forskellig fra en normalfordeling.

The probability, P , that yield deviation from normality is causal. The stars indicate a distribution significantly different from normality.

		P, Jyndeved	P, Tåstrup
1985	1. slæt	0,615	0,344
	2. »	0,011*	0,034*
	3. »	0,718	0,786
	4. »	0,847	0,162
	5. »		0,015*
	Sum	0,320	0,810
1986	1. slæt	0,001**	0,177
	2. »	0,082	0,032*
	3. »	0,524	0,967
	4. »		0,697
	Sum	0,762	0,033*
1987	1. slæt	0,808	0,001**
	2. »	0,010*	0,361
	3. »	0,185	0,020*
	4. »	0,992	0,212
	Sum	0,619	0,925

hkg tørstof/ha
mm nedbør

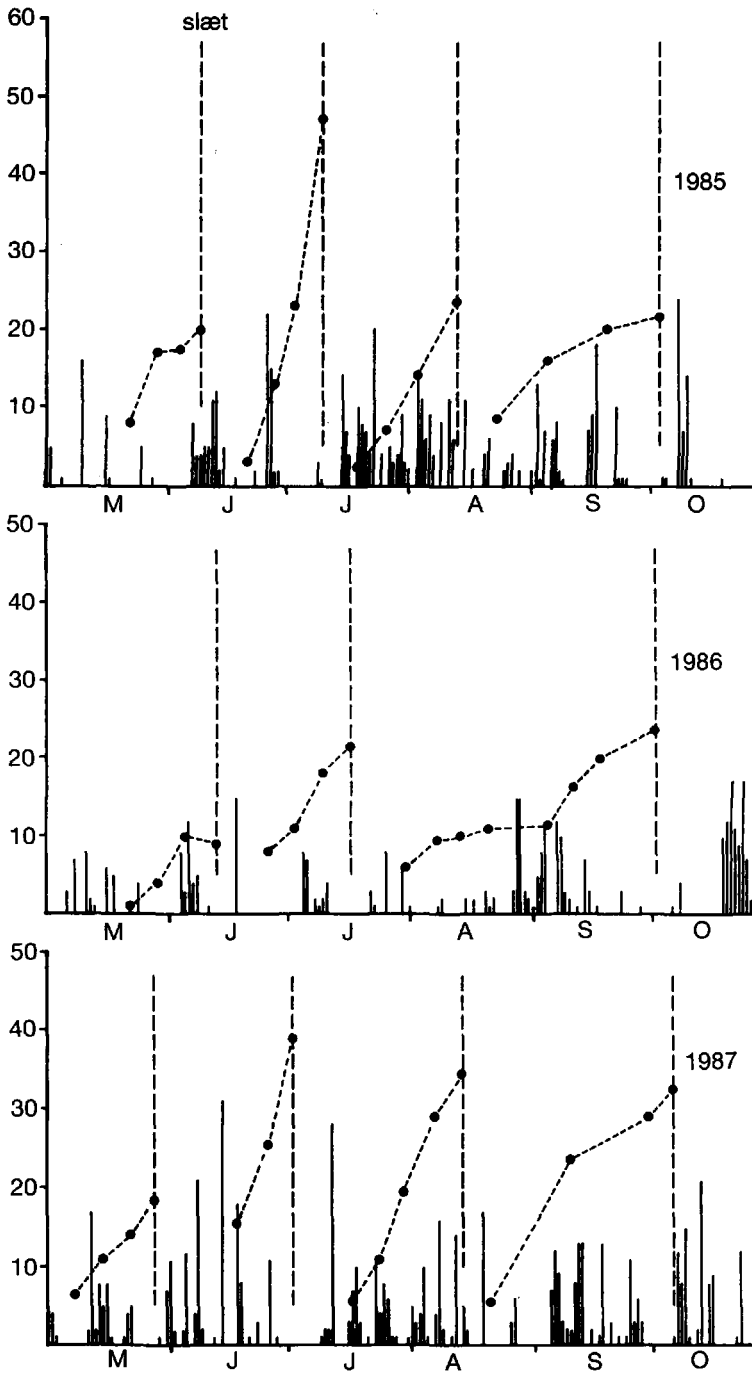


Fig. 2. Udbytter og nedbør på den grovsandede jord ved Jyndeved.
Yields and daily precipitation at the sandy soil at Jyndeved.

hkg tørstof/ha
mm nedbør

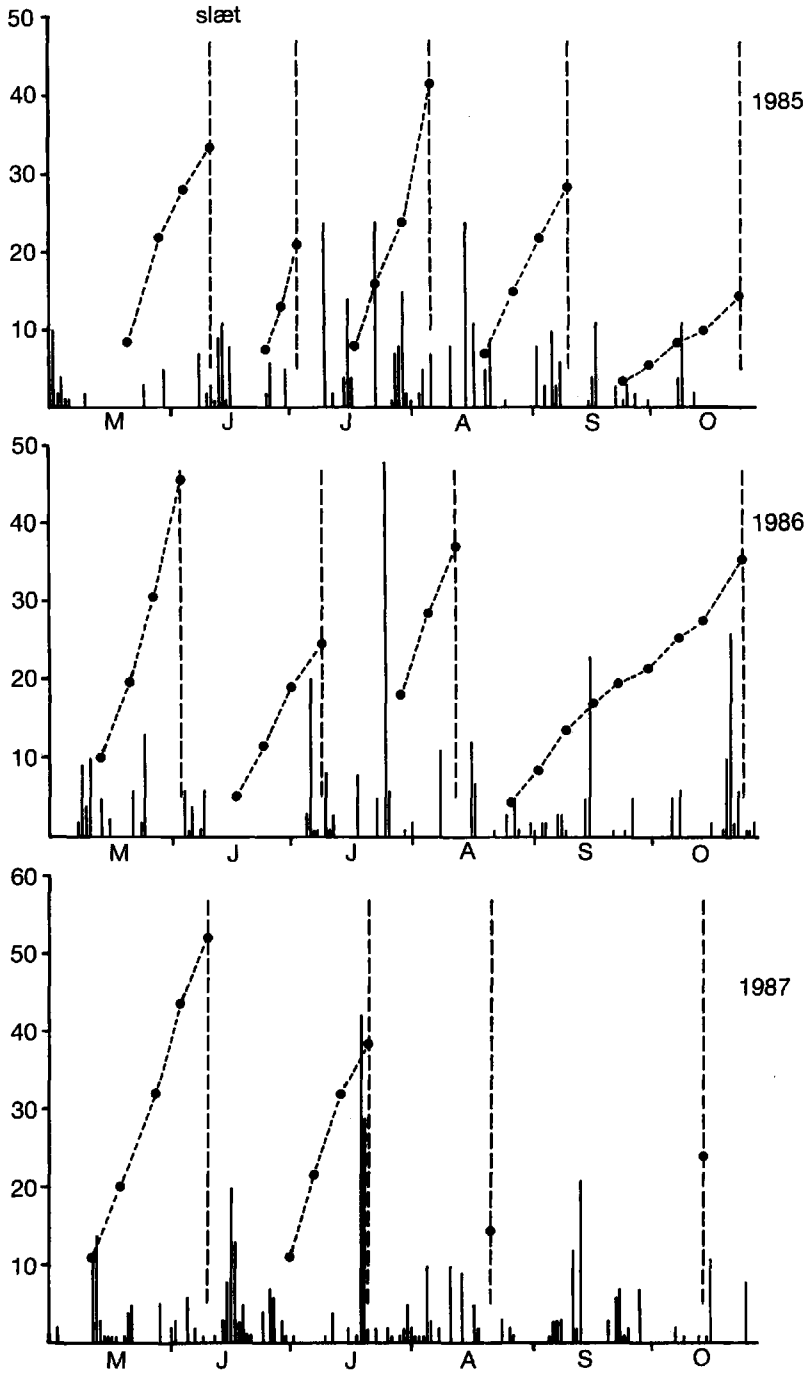


Fig. 3. Udbytter og nedbør på lerjorden ved Tåstrup.
Yields and daily precipitation at the sandy loam at Tåstrup.

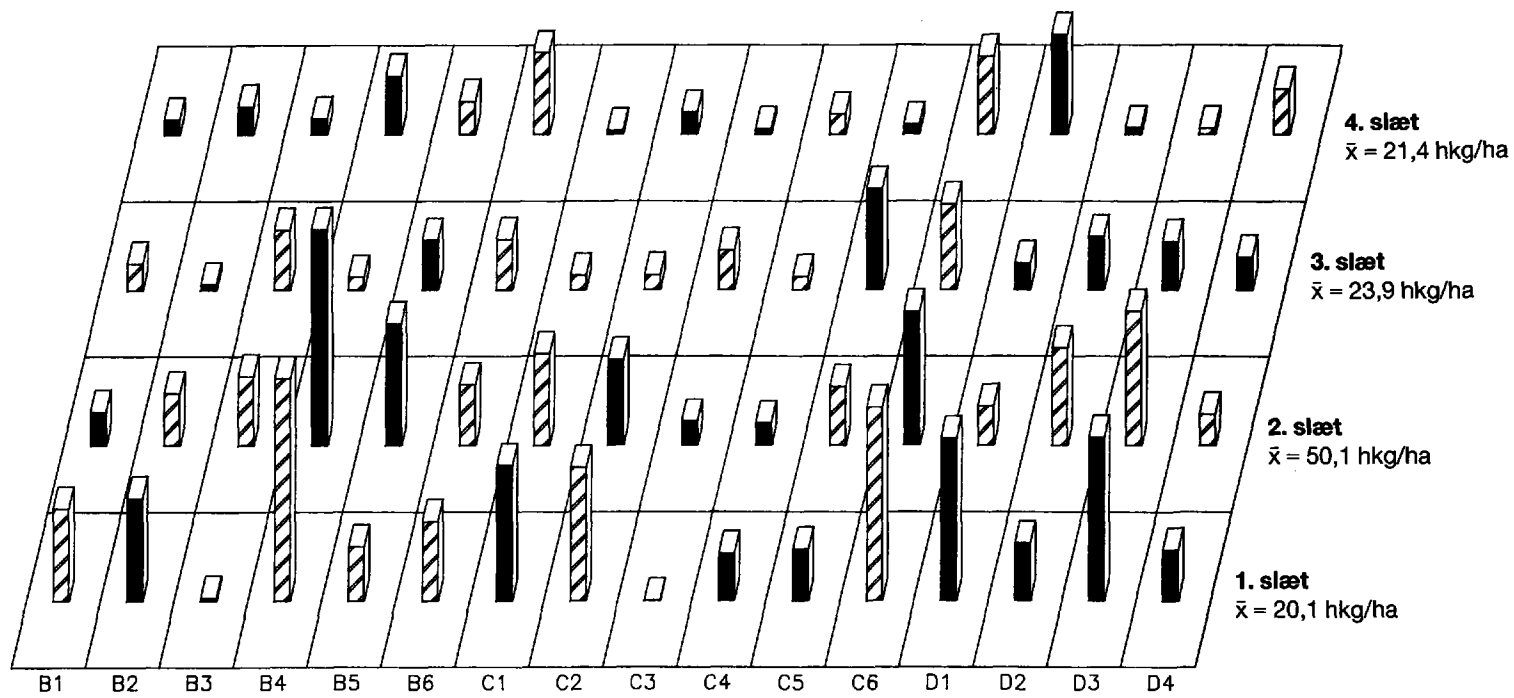


Fig. 4. Udbyttevariation ved punkter, Jydevad 1985. For hvert punkt er afbildet mer- ■ eller mindre-udbytte ▨ i forhold til gennemsnittet ved slæt, \bar{x} , som er angivet i hkg tørstof pr. ha.
 Variation in yields at sampling points, Jydevad 1985. The positive ■ or negative ▨ difference to mean yields, \bar{x} , is depicted for each point.

Tabel 3. Variationskoefficienten, CV, på udbyttet ved hver slået.

Coefficient of variation, CV, of yield at each mowing.

Lokalitet <i>Locality</i>	År <i>Year</i>	Slæt <i>Cut</i>				
		1	2	3	4	5
Jynde vad	85	19	13	10	8	
	86	27	17	12		
	87	42	19	10	9	
<hr/>						
Tåstrup	85	22	11	12	8	18
	86	15	27	13	12	
	87	18	11	13	15	

Af figuren ses samtidig, hvordan udbytteneiveauet for det enkelte punkt ændres fra slået til slået.

I tabel 3 er vist variationskoefficienter for hver slået ved begge lokaliteter. Heraf fremgår tilsvarende, at variabiliteten ved Jynde vad er størst ved første slået og aftager med tiden. Dette gælder for alle tre forsøgsår.

Variabiliteten i græsproduktionen synes således at være stor i begyndelsen og mindre mod slutningen af vækstsæsonen. Det kan måske skyldes en ujævn effekt af vinterens kulde og væde, så græsset visse steder har overvintret bedre og derfor kommer tidligere i gang end andre steder.

Slætperiodens længde eller produktionens størrelse (se fig. 2) synes ikke at have afgørende betydning for variabiliteten.

Ved Tåstrup ses ingen tydelig sammenhæng imellem variabilitet og slået-tidspunktet (tabel 3). Heller ikke her synes variabiliteten at afhænge af udbytteneiveauet (se fig. 3).

Fig. 5 illustrerer den årlige udbyttevariation ved hvert punkt. Her er anvendt data fra Tåstrup, idet der ved Jynde vad var en del manglende værdier de sidste to år.

Det samlede udbytte for hele året viser ligesom slætudbyttene svingende tendens fra år til år i samme punkt. Ved seks ud af seksten punkter har udbytteneiveauet samme fortegn alle tre år. Det er kun to mere, end man ville forvente ved ren tilfældighed.

Korrelationer imellem slået og år

Der blev foretaget analyser over korrelationerne imellem de målte udbytter fra de forskellige slået inden for samme år ved henholdsvis Jynde vad og Tåstrup, se tabellerne 4 og 5.

For alle tre år var der negativ korrelation imellem de to første slået ved Jynde vad. I 1985 var der

Tabel 4. Korrelationskoefficient, r, for udbyttene ved forskellige slået inden for samme år ved Jynde vad.

Coefficient of correlation, r, for yields at different mowings at Jynde vad.

r for:	1985	1986	1987
1. og 2. slået	-0,69***	-0,29*	-0,15
1. og 3. slået	0,46*	-0,20	-0,22
1. og 4. slået	0,29		0,11
2. og 3. slået	-0,21	0,22*	0,17
2. og 4. slået	0,04		0,53**
3. og 4. slået	0,25		0,41*

* P<0,05 ** P<0,01 *** P<0,001

ved begge lokaliteter signifikant negativ korrelation imellem første og anden slået. Samtidig var der ved begge lokaliteter i 1985 signifikant, men positiv korrelation imellem første og tredje slået.

Som ovenfor omtalt var der stor variation i udbytter ved første slået, hvilket måske skyldes en ujævn vinter-effekt. Den negative korrelation imellem udbytter ved første og anden slået er udtryk for en reduceret genvækst i anden slætperiode ved de punkter, hvor produktionen var størst i første slætperiode.

Reduceret genvækst forekommer ofte efter første slået, hvor græsset er i den reproduktive fase. Her sker en kraftig strækningsvækst, og planteproduktionen er maksimal. Efter slået vil genvæksten i høj grad afhænge af, hvor stor del af de resterende skud der er reproduktive og dermed har et stort vækstpotentiale (7).

Tabel 5. Korrelationskoefficient, r, for udbyttene ved forskellige slået inden for samme år ved Tåstrup.

Coefficient of correlation, r, for yields at different mowings at Tåstrup.

r for:	1985	1986	1987
1. og 2. slået	-0,63**	-0,02	-0,03
1. og 3. slået	0,54*	0,14	-0,11
1. og 4. slået	0,04	-0,27	-0,07
1. og 5. slået	-0,52*		
2. og 3. slået	-0,38	-0,11	0,01
2. og 4. slået	-0,47	0,23	0,20
2. og 5. slået	0,13		
3. og 4. slået	-0,01	-0,09	0,28
3. og 5. slået	-0,14		
4. og 5. slået	0,09		

* P<0,05 ** P<0,01 *** P<0,001

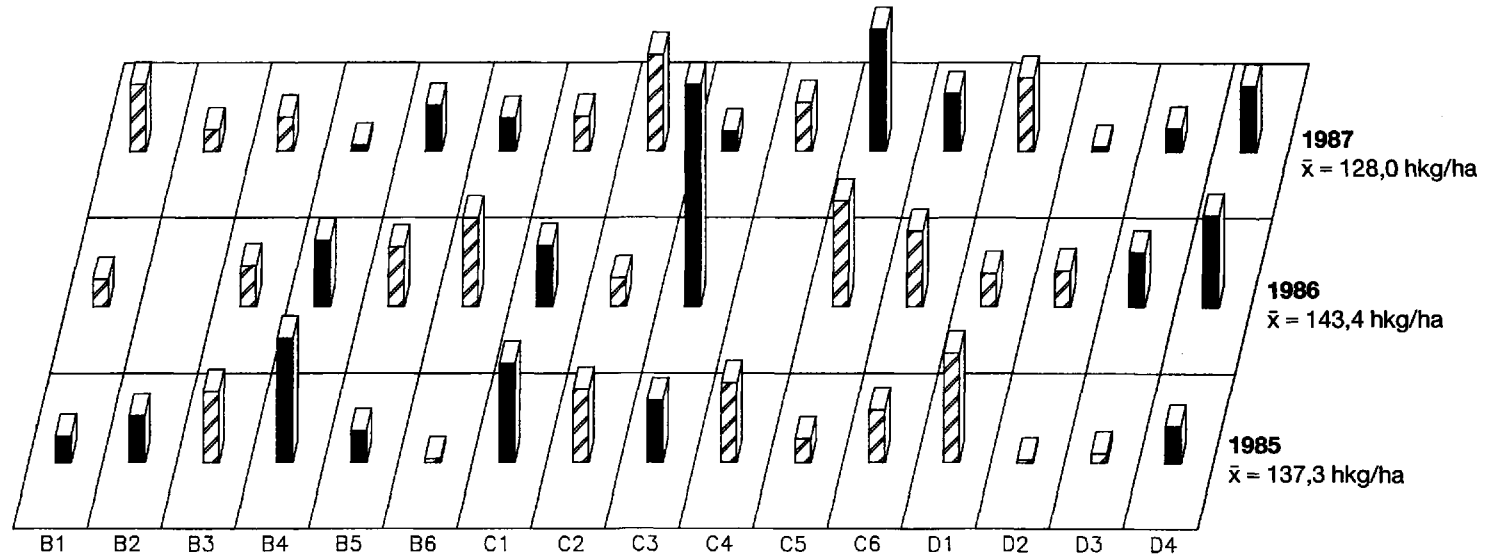


Fig. 5. Udbyttevariation ved punkter, Tåstrup 1985-87. For hvert punkt er afbildet mer- ■ eller mindre-udbytte ☐ i forhold til gennemsnittet for året, \bar{x} , som er angivet i hkg tørstof pr. ha.
 Variation in yields at sampling points, Tåstrup 1985-87. The positive ■ or negative ☐ difference to the yearly mean, \bar{x} , is depicted for each point.

For vegetative skud er genvæksten efter slæt stærkt afhængig af mængden af oplagret kulhydrat. Oplagringen af kulhydrat er igen afhængig af vækstbetingelserne, idet fx hæmning af fotosyntesen i forhold til væksten, som ved reduceret lystilgang, vil medføre en relativ lille oplagring af kulhydrater (7).

Samtidig gælder, at jo større græsbiomassen er, jo mindre vil lysgennemtrængningen være, og jo mindre mængde grønne plantedele vil der være tilbage til at udføre fotosyntese efter slæt.

De ovennævnte forhold kan alle være medvirkende til, at man ved de punkter i marken, hvor græsproduktionen kommer tidligst i gang, og hvor den største vegetative og/eller reproduktive vækst sker, kan observere fænomenet reduceret genvækst.

Hvad angår det samlede udbytte for hele året var der ved begge lokaliteter positiv korrelation imellem 1985 og 1986. Korrelationskoefficienten var 0,47 (ikke signifikant) ved Tåstrup og 0,54 (svagt signifikant) ved Jyndevad, hvor der på grund af manglende udbyttetotal for 1986, kun for B-punkterne var grundlag for en sammenligning med de to øvrige forsøgsår. Der var i øvrigt ingen betydelige korrelationer imellem årene.

Rumlige variabilitet

Der blev beregnet semi-varianser på udbyttetotalene fra hver slæt ved hver lokalitet i 1985 samt på de summerede udbytter for hvert år ved Tåstrup.

Til karakterisering af de eksperimentelle semi-variogrammer anvendtes en sfærisk model (1, 2), defineret ved formlerne:

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \text{ for } 0 < h \leq a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \text{ for } h > a$$

hvor C_0 = klump-effekt (engelsk: nugget), $C_0 + C_1$ = tærskelværdi (engelsk: sill) og a = rækkevidden af den rumlige afhængighed (engelsk: range).

I fig. 6 og 7 ses afbildet de beregnede semi-varianser samt de tilpassede funktioner for hver slæt i 1985. I fig. 7 er ikke medtaget femte slæt ved Tåstrup, som dårligt kunne beskrives ved den sfæriske model, idet der var tegn på en »trend« ($a > 1000$ m).

Det forskellige antal punkter ved de to lokaliteter skyldes, at ved Jyndevad er de to fællesprøver fra hvert punkt behandlet som selvstændige værdier, mens der ved Tåstrup er taget gennemsnit af de tre fællesprøver ved hvert punkt inden beregning af semi-varianser. De estimerede rækkevidder (a -værdier) er angivet i tabel 6 sammen med 95 pct. sikkerhedsintervallerne. Der er stor spredning på semi-varianserne, og derfor bliver sikkerhedsintervallerne omkring de estimerede rækkevidder meget brede.

Ved Tåstrup antog de estimerede rækkevidder værdier imellem 11 og 81 m, og lå dermed inden for et stort variationsområde.

Bemærkelsesværdigt er det, at rækkevidderne for de to klimamæssigt forskellige vækstsæsoner 1985 og 1986 er næsten ens.

Tabel 6. Rækkevidden, a , af den rumlige afhængighed bestemt ved regression efter en sfærisk model. Desuden er angivet 95 pct. sikkerhedsområdet for a -værdien.

The range, a , over which the observations are assumed to be correlated, determined by fitting a spherical model to the experimental semi-variograms. Besides is given the 95 pct. confidence interval.

	Jyndevad		Tåstrup	
	Rækkevidde Range	Sikkerhedsomr. 95% Conf. int.	Rækkevidde Range	Sikkerhedsomr. 95% Conf. int.
1985 1. slæt	55 m	30–80 m	25 m	–52–102 m
2. »	46 m	27–66 m	43 m	0–86 m
3. »	4 m	–1–8 m	37 m	10–65 m
4. »	23 m	3–42 m	11 m	–9–31 m
Sum 1985	17 m	–6–39 m	31 m	6–56 m
Sum 1986			29 m	–12–70 m
Sum 1987			81 m	12–150 m

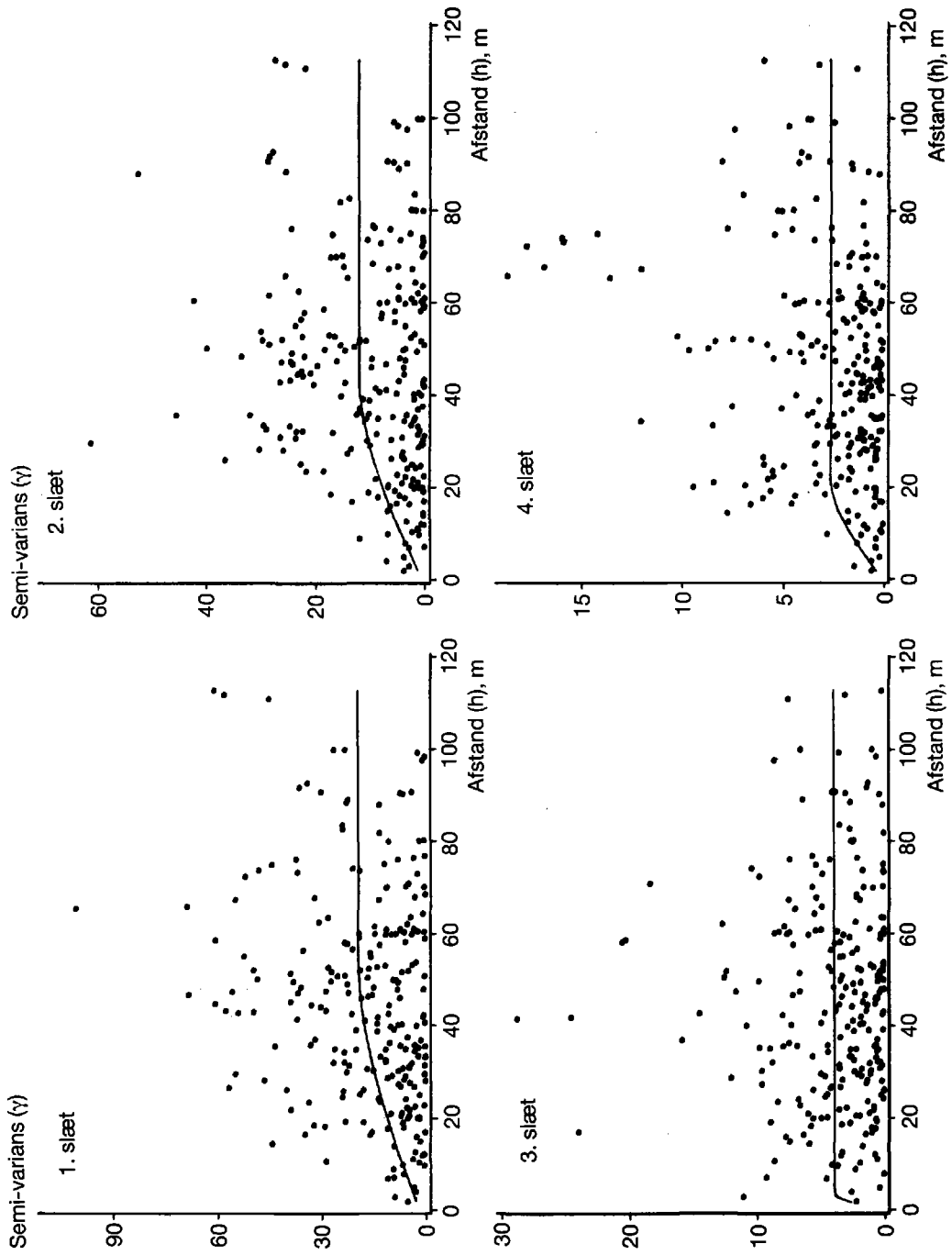


Fig. 6. Semi-variogrammer, Jydevad 1985. Semi-variansen, γ , som funktion af afstanden, h .
Semi-variograms, Jydevad 1985. Semi-variance, γ , distance, h .

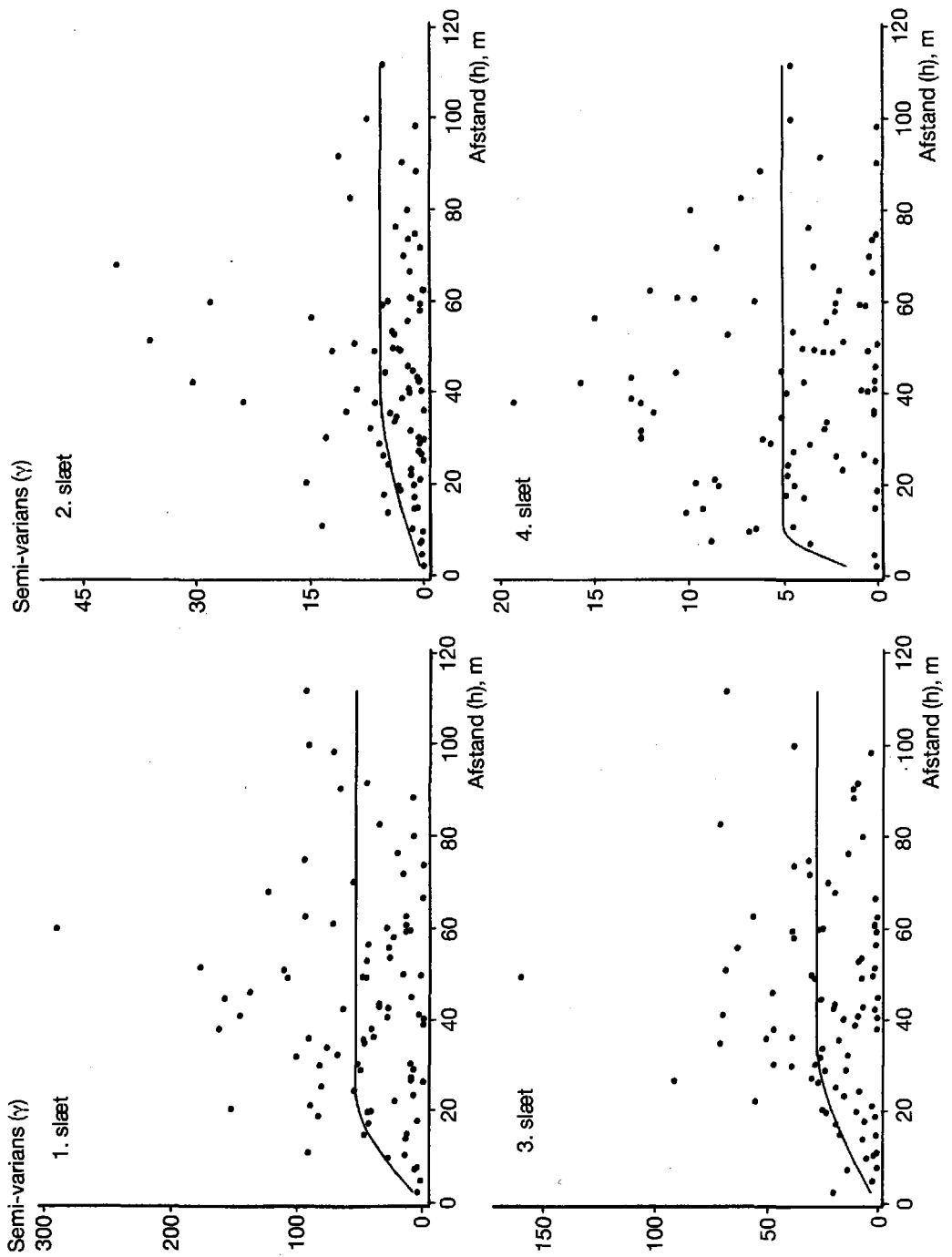


Fig. 7. Semi-variogrammer, Tåstrup 1985. Semi-variansen, γ , som funktion af afstanden, h .
Semi-variograms, Tåstrup 1985. Semi-variance, γ , distance, h .

Selv om der er stor usikkerhed på de enkelte a-værdier, ses i de fleste tilfælde en rumlig afhængighed med en rækkevidde på ca. 30–40 m.

Ved Jyndevad sås rækkevidder fra 4 til 55 m.

Generelt for begge lokaliteter er, at den rumlige afhængighed strækker sig over ret store afstande, og at den som gennemsnit for 1985 var ca. 30 m.

Der var kun i få tilfælde en klump-effekt ($\gamma > 0$ for $h = 0$) af betydning. Størst relativ klump-effekt sås ved første slæt ved Jyndevad, hvor den udgjorde 10 pct. af tærskelværdien. Ved Tåstrup sås kun klump-effekt af betydning ved det samlede udbytte i 1987, hvor den udgjorde 9 pct. af tærskelværdien.

Til sammenligning fandt Hansen *et al.* (3) ved analyse af jordfysiske data fra de to forsøgslokaliteter, at der fandtes rumlig afhængighed for jordens indhold af ler, finsand og grovsand, samt for jordens vandindhold ved forskellige potentialer. For Jyndevad var rækkevidden af den rumlige afhængighed 15–44 m og 14–55 m for henholdsvis tekstur-parametre og jordvand-parametre. For Tåstrup var de tilsvarende rækkevidder 10–40 m og 16–40 m. Derimod fandtes ingen rumlig afhængighed for jordens massefylde og porøsitet.

Der kan imidlertid ikke drages direkte paralleler til de nærværende beregnede rækkevidder for udbytter, da analyserne af semi-varianser er udført forskelligt.

Specialundersøgelser ved Jyndevad

Bladareal

Ved Jyndevad blev der ved hvert slæt samt ved høstningerne imellem slæt målt bladareal af de grønne blade. I fig. 8 ses variationen i bladarealindekset igennem de tre forsøgsår.

I 1985 og 1987 er bladarealet størst ved anden og tredje slæt. De lave værdier for 1986 skyldes vandmangel.

Sammenlignes med fig. 2 ses god overensstemmelse imellem bladarealindeks og tørstofproduktion, men tørkeperioder giver sig hurtigt udslag i aftagende bladarealindeks. Også mod slutningen af sidste slætperiode reduceres bladarealindekset både i 1985 og 1987, skønt tørstofproduktionen er i fortsat stigning.

Plantekemi

Ved anden og tredje slæt i 1986 blev plantemateriale fra hvert punkt ved Jyndevad analyseret for det procentiske indhold af total-kvælstof (N), kalium (K) og fosfor (P).

Der blev beregnet korrelationer imellem udbytterne og det procentiske indhold af de tre næringsstoffer samt imellem næringsstofferne indbyrdes, se tabel 7.

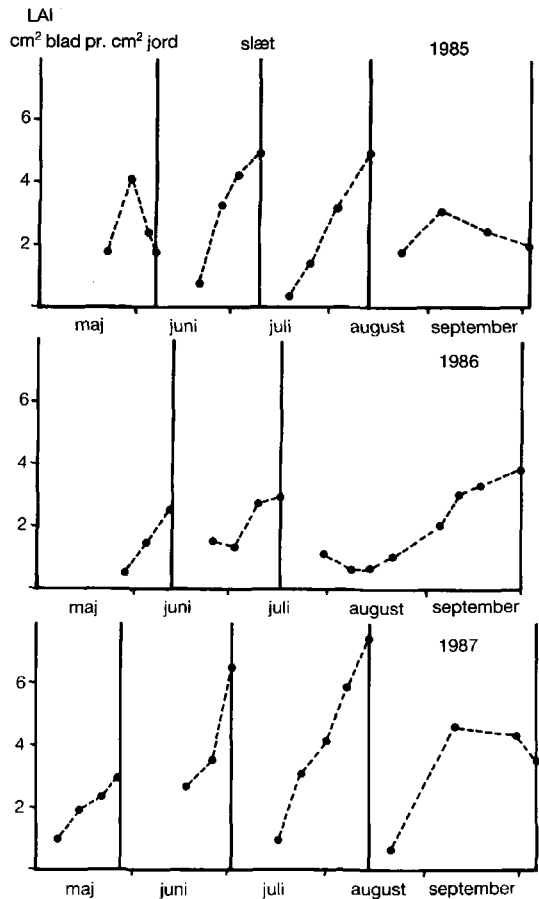


Fig. 8. Bladarealindeks. Jyndevad 1985-87. Leaf area index, LAI, Jyndevad 1985-87.

Tabel 7. Korrelationskoefficient, *r*, for udbytte (t.s.) og koncentrationen af kvælstof (N), kalium (K) og fosfor (P). Jyndevad 1986.

Coefficient of correlation, r, for yield (t.s.) and plant concentration of nitrogen (N), potassium (K) and phosphorus (P). 2nd and 3rd cut at Jyndevad 1986.

	2. slæt	3. slæt
t.s. og N	-0,42***	0,28*
t.s. og K	-0,45***	-0,10
t.s. og P	-0,23	-0,13
N og K	0,77***	-0,02
N og P	0,49***	0,14
K og P	0,50***	0,31***

* $P < 0,05$ ** $P < 0,01$ *** $P < 0,001$

Ved anden slæt var der signifikante positive korrelationer imellem koncentrationen af de tre næringsstoffer indbyrdes. Samtidig var der negativ korrelation imellem udbytte af tørstof og koncentrationen af alle tre næringsstoffer. For N og K var korrelationen stærkt signifikant. Forklaringen herpå skal måske findes i mængden af reproduktive skud, idet det er påvist, at hos reproduktive græsskud ophører næringsstofoptagelsen omkring skridning, mens vegetative skud optager næringen kontinuerligt (5). Dette understøttes af, at det i anden slæt netop er græs med de fleste reproduktive skud, som har den største tørstofproduktion (se ovenfor vedr. reduceret genvækst).

Ved tredje slæt var der svagt signifikant positiv korrelation imellem udbytte og koncentrationen af N.

At den negative sammenhæng fra anden slæt ikke genfindes ved tredje slæt kan skyldes, at der ved tredje slæt udelukkende findes vegetative skud, som på normal vis vil konkurrere om den tilgængelige næring.

Desuden var vækstperioden imellem anden og tredje slæt mere end dobbelt så lang som mellem første og anden slæt, og der faldt mere regn i tredje end i anden slætperiode, som var meget tør (se fig. 2).

Søegaard (10) fandt ingen signifikant korrelation imellem udbytte af rajgræs og koncentrationen af kalium. For fosfors vedkommende fandt *Søegaard*, at koncentrationen faldt kraftigt ved tørkestress, hvorimod totalkvælstof i procent af tørstof steg med stigende grad af udtørring (som her påvist).

Tekstur

Teksturen blev ved Jyndevad bestemt i 10, 30 og 50 cm dybde ved hvert punkt, og der blev beregnet korrelationer imellem udbytterne ved slæt og hver kornstørrelsesklasse.

For B, C og D-punkterne var der ingen signifikante korrelationer i 1985 eller 1986, og i 1987 var der kun ved første slæt en signifikant positiv korrelation imellem udbytte og jordens ler-indhold ($r = 0,79^{**}$).

Inddrages også A-punkterne for 1986, fandtes ved anden slæt svagt signifikante, positive korrelationer til humus i pløjelaget ($r = 0,32^*$) og til ler i 50 cm dybde ($r = 0,37^*$). For de summerede udbytter for hele året 1986 fandtes både i pløjelaget og i 50 cm dybde svagt signifikant, positiv korrelation til jordens humusindhold ($r = 0,39^*$).

Konklusion

De her beskrevne undersøgelser af alm. rajgræs igennem tre år på to forskellige jordtyper har ikke givet grundlag for påvisning af stationære mønstre i den rumlige variabilitet.

Udbyttet varierede meget fra punkt til punkt, men der kunne ikke foretages en opdeling af markerne i høj- og lavproduktive områder. På lerjorden lå udbytteneiveauet kun ved ca. 40 pct. af punkterne alle tre år på samme side af gennemsnittet.

Især det første år blev stor produktion ved første slæt modsvaret af relativ lille produktion ved anden slæt, som igen modsvarede af en relativ stor produktion ved tredje slæt.

I den nedbørsfattige vækstsæson 1986 fandtes på den grovsandede jord ved Jyndevad en positiv korrelation imellem udbyttet og jordens humusindhold. Ved anden slæt fandtes desuden stærkt signifikante, negative korrelationer imellem udbyttet og det procentiske indhold af kvælstof og kalium.

Semi-variogrammerne gav billeder af de rumlige variationsmønstre. Afstanden, som udtrykker den rumlige afhængigheds rækkevidde, antog på forskellige tidspunkter på sandjorden værdier imellem 4 og 55 m. På lerjorden lå værdierne imellem 11 og 81 m.

De estimerede rækkevidder for rumlig afhængighed er imidlertid behæftet med stor usikkerhed. Dels var der stor spredning på semi-variogrammerne i de enkelte semi-variogrammer, og dels har det stor betydning for resultatet, hvilken model man anvender ved estimering af rækkevidden.

Den benyttede afgrøde, almindelig rajgræs, var nok ikke den bedst egnede til formålet. For det første er den ikke udpræget vinterfast, hvilket i værste fald resulterede i en pletvis udvintring. For det andet er det almindeligt kendt, at der ofte er problemer med reduceret genvækst efter slæt, hvilket resulterede i de signifikante negative korrelationer imellem udbytterne ved første og anden slæt. Sådanne forhold kan have tilsløret den rumlige variabilitet, som netop søgtes afdækket.

Erkendtlighed

Projektet er udført på bevilling fra Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd.

De omtalte undersøgelser er forestået af lic. agro. *Anne Bülow Olsen*.

Litteratur

1. *Alemi, M. H., Shahriari, M. R. & Nielsen, D. R.* 1988. Kriging and cokriging of soil water properties. *Soil Techn.* 1, 117-132.
2. *Burgess, T. M. & Webster, R.* 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I. The semi-variogram and punctual kriging. *Soil Sci.* 31, 315-331.
3. *Hansen, S., Storm, B. & Jensen, H. E.* 1986. Spatial variability of soil physical properties, theoretical and experimental analyses. I. Soil sampling, experimental analyses and basic statistics of soil physical properties. Report no. 1201, Dep. of Soil and Water and Plant Nutrition, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen. 159 pp.
4. *Hansen, S. & Jensen, H. E.* 1988. Spatial variability of soil physical properties, theoretical and experimental analyses. II. Soil water variables – data acquisition, processing and basic statistics. Report no. 1210. Depart. of Soil and Water and Plant Nutrition, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen. 75 pp.
5. *Langer, R. H. M.* 1965. Mineral nutrition of grasses and cereals (213-226). In: *The growth of cereals and grasses. Proceedings of the Twelfth Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham, 1965.* (F. L. Milthorpe and J. D. Ivins eds) London 1966. 360 pp.
6. *Meteorologisk Institut* 1985, 86, 87. Ugeberetning fra Met. Inst. (for 1985, 86 og 87).
7. *Milthorpe, F. L. & Davidson, J. L.* 1965. Physiological aspects of regrowth in grasses (241-255). In: *The growth of cereals and grasses. Proceedings of the Twelfth Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham, 1965.* (F. L. Milthorpe and J. D. Ivins eds) London 1966. 360 pp.
8. *SAS Institute Inc.* 1985. SAS Procedures Guide for Personal Computers, Version 6 Edition. Cary, NC. 373 pp.
9. *SAS User's Guide* 1985. Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 956 pp.
10. *Søegaard, K.* 1984. Vand og kvælstof til almindelig rajgræs. *Tidsskr. Planteavl* 88, 140-146. Beretning nr. S 1704.
11. *Trangmar, B. B., Yost, R. S. & Uehara, G.* 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Adv. Agron.* 38, 45-92.

Manuskript modtaget den 2. februar 1989.