

寒地稲の子実生産の解析的研究

I. 栽植密度が生育相と受光態勢に及ぼす影響

竹川 昌和* 砂田喜与志**

Analysis of Grain Production in Rice Plants in Hokkaido

I. Ecological effects of planting density on the growth and the plant type in receiving light

Masakazu TAKEKAWA* and Kiyoshi SUNADA**

北海道における近年の水稲品種の生育相が、密植栽培によってどのような影響を受けるか、とくに生育前半における総粒数、葉面積などの生産と出穂期前後の受光態勢について物質生産の面から検討した。その結果、寒地稲の密植栽培は生育期節の促進、生育量の早期確保、総粒数・葉面積の確保および葉面積/粒数比の向上が認められた。草姿と葉層構造の変化は受光態勢を不利にするようなことはなかった。しかし出穂後の乾物増加量は密植が低く、葉面積の減少度も著しかった。葉身窒素含有率の密度間差は出穂期ころに大きく、密植が低かったが、窒素施肥量の増加によってその密度間差は縮少した。したがって密植による後期乾物生産力の低下は、生育後期の窒素欠乏と密接な関係にあることが示唆された。これは暖地稲の場合と異なり寒地稲の特徴と思われた。密植栽培は寒地稲作にとって有利であるが、その欠点を改善するような技術も補う必要があるものと思われた。

緒 言

北海道における水稲の収量性は年を経るにしたがい上昇しているが、年次変動が大きくその程度も地域によって異なっている²³⁾。気象条件と収量性との年次的、地域的対応関係から、寒地稲の収量規制要因のひとつとして温度のほか日照条件が指摘されており、低収年における生育障害はおもに初期生育と稔実、登熟の過程において認められている^{7,4,30)}。

北海道における栽植密度は20株/m²前後であるが、近年田植機械、紙筒利用などによって密植栽培の場面が増加している。水稲の栽植密度に関する研究は数多く^{3,8,11,12,14,21,22,25,28,33)}、寒地稲の収量安定のうえで密植が有利であることも指摘されているが⁴⁾、物質生産からみた場合の寒地稲の生育相の検討は十分といえない。

本報は北海道の近年の水稲品種の生育相が密植栽培によってどのような影響を受けるか、とくに生育前半

における総粒数、葉面積などの生産がどうなるか、その時の草姿(葉の長さ、かたち)、葉層構造(葉の分布)、透光率などからみた受光態勢がどうなるかなど、密植栽培の物質生産上の問題点およびその改善策の方向性を明らかにしようとしたものである。なお本試験は1967年から1970年にかけて実施したものの一部である。

本研究を遂行するに当たり、常に指導と助言をいただいた上川農業試験場長島崎佳郎博士、ならびに協力をいただいた同水稻栽培科研究員の各位に心から謝意を表する。

実 験 方 法

1. 生育相と収量構成要素(1967年)

水稻品種「ささほなみ」、「しおかり」を供試、栽植密度を10, 20, 30, 40, 50株/m²(これらを以後10区、20区、…50区と呼ぶ)の5段階、様式を畦間比⁹⁾2.2の並木植で各々(47.1cm×22.2cm)、(33.0×15.0)、(27.2×

* 北海道立上川農業試験場 旭川市永山町

** 前北海道立上川農業試験場(現北海道立十勝農業試験場 河西郡芽室町)

12.2), (23.6×10.6), (21.1×9.5), 1株2本植え, 畑育苗成苗を供試, 1区 10 m², 2反復で実施した。上川農業試験場水田に5月25日移植, 窒素施肥量 4, 8, 12 kg/10 a (これらを以後 N4, N8, N12 と呼ぶ) の3処理とした。本報は N8 について報告する。なお 1968 年も同様の試験を行い同様の結果を得たので 1967 年について報告する。調査方法は次のようにした。すなわち生育期節は観察によって決定し, 草丈, 茎数は 10 株の平均値を求め, 乾物重は平均株 5 株 (出穂期以後は 3 株) の地上部を採りこれを 80°C 2 昼夜通風乾燥した後に秤量した。葉面積は青写真法で測定した数本の茎の葉面積とその風乾重から葉身の厚さ (cm²/g) をもとめこれと 5 株 (または 3 株) の葉身重 (g) を掛け合わせてもとめた。全窒素の分析はセミマイクロケルダール法によって行った。収量構成要素の調査には平均株 2 株を使用し, 登熟歩合の算定には比重 1.06 塩水選法を用いた。

2. 草姿と葉層構造 (1969 年)

水稻品種「イシカリ (道北 1 号)」, 「ふくゆき」を供試, 栽植密度 20 株/m² (33.0 cm×15.0 cm), 40 株/m² (23.6×10.6) の 2 段階 (以後これを 20 区, 40 区と呼ぶ), 窒素施肥量 8, 12 kg/10 a (以後これを N8, N12 と呼ぶ) の 2 段階, 1 株 2 本植え, 畑育苗成苗を供試, 1 区 10 m², 2 反復で実施した。なお 1968 年も同様の試験を行い同様の結果を得たので 1969 年について報告する。調査方法は次のようにした。すなわち葉身わん曲度は葉身長と立毛中わん曲葉々身両端長の比の上位 3 葉合計値, 葉身角度は稈と葉耳・葉身中央線の角度, 株開度は垂直から 10 度以上傾斜している茎数比率, (以上はいずれも開花期立毛中 5 株の調査), 層別葉面積は平均株 2 株を根をつけたまま採取し机上に立て上層より 10 cm ごとに葉身を切除し自動葉面積計で測定, 透光率は水田群落外照度に対する群落内高さ別照度の比率を東芝 5 号照度計でもとめた。

結果および考察

1. 生育相と収量構成要素

栽植密度による寒地稲の生育相の基本的な変化についてまず検討する。本試験を実施した 1967 年の気象条件は比較的良好であった。

(1) 生育期節

栽植密度と生育期節の関係を表 1 に示した。これによると有効分けつ終止期, 最高分けつ期, 幼穂形成期, 出穂期, 成熟期はいずれも密度の高いほど早かった。寒地稲作で早熟化は登熟安定のうえで重要な技術であ

表 1 栽植密度と生育期節との関係

品種	生育期節	栽 植 密 度 (株/m ²)				
		10 (月日)	20 (月日)	30 (月日)	40 (月日)	50 (月日)
さ さ は な み	有効分けつ終止期	7.14	7.10	7.4	6.30	6.25
	最高分けつ期	7.27	7.17	7.17	7.17	7.13
	幼穂形成期	7.12	7.12	7.11	7.9	7.6
	出穂期	8.3	8.3	8.2	7.31	7.29
	成熟期	9.23	9.22	9.21	9.21	9.20
し お か り	有効分けつ終止期	7.11	7.10	7.4	7.2	6.24
	最高分けつ期	7.17	7.17	7.13	7.13	7.14
	幼穂形成期	7.11	7.11	7.10	7.7	7.6
	出穂期	8.3	8.3	8.2	7.30	7.29
	成熟期	9.22	9.21	9.21	9.21	9.20

る。密植は不十分であるがその一つと考えられる。また幼穂形成期から最高分けつ期までの日数は 10 区で長いほかは大差がなかった。寒地稲は最高分けつ期が幼穂形成期のあとになり, 栄養生長と生殖生長の重複が指摘されているが^{5,6,23)}, 本試験の範囲内ではこの重複期間の密植による短縮はそれほど大きいものではなかった。

(2) 個体の生育

栽植密度と草丈, 稈長, 上位 3 葉々身長との関係を図 1 に示した。これによると草丈は幼穂形成期ころまでは大差ないが, それ以後では生育が進むにしたがい密度の高いほど短縮した。稈長, 上位 3 葉々身長も密植ほど短くなった。星野ら³⁾は一株苗数を一定にし栽植距離を変えた場合, 栽植密度の高いほど草丈は短くなったと報告している。しかし神田・柿崎⁹⁾, 神田・西沢¹¹⁾は密植に伴って草丈が高くなったと報告している。このようなちがいが栽植様式, 品種特性, 地域などのちがいによるものか否かは明らかでないが, 星野らの報告と本実験の結果は一致しており, 北海道においては気象的要因もあって⁵⁾, 生育中期から後期にかけて密植により, 草丈, そのほかの抑制が起るとみるべきであろう。

次に栽植密度と生育に伴う株当たり茎数の推移との関係を図 2 に示した。これによると初期は大差ないが幼穂形成期ころから差が認められ, 以後生育が進むとともに密度の高いほど少なくなった。

次に栽植密度と株当たり地上部乾物重の推移との関係を図 3 に示した。これによると茎数の場合と同様に

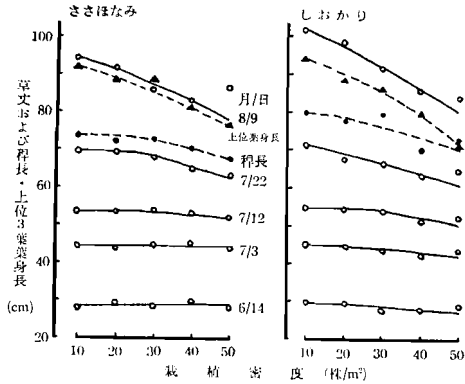


図1 栽植密度と草丈、稈長、上位3葉々身長との関係

注) 稈長は成熟期、上位3葉々身長は開花期に調査した

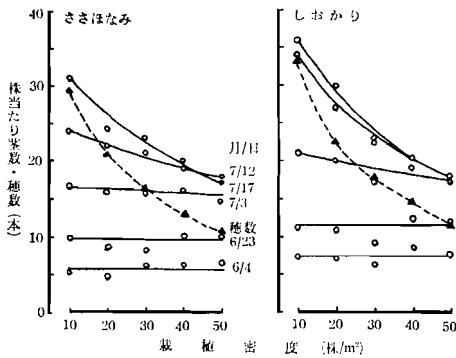


図2 栽植密度と株当たり茎数・穂数との関係

注) 穂数は成熟期に調査した

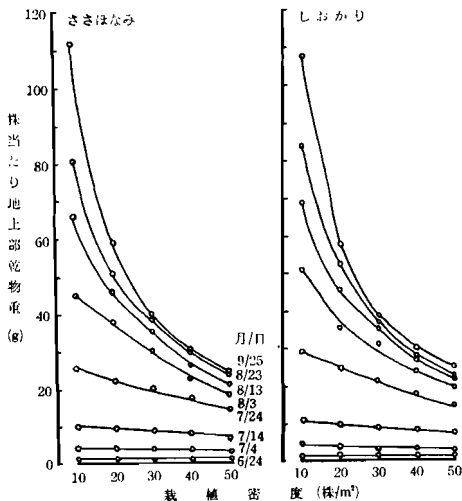


図3 栽植密度と株当たり地上部乾物重との関係

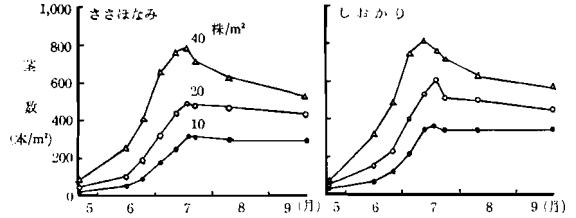


図4 生育に伴う茎数の推移

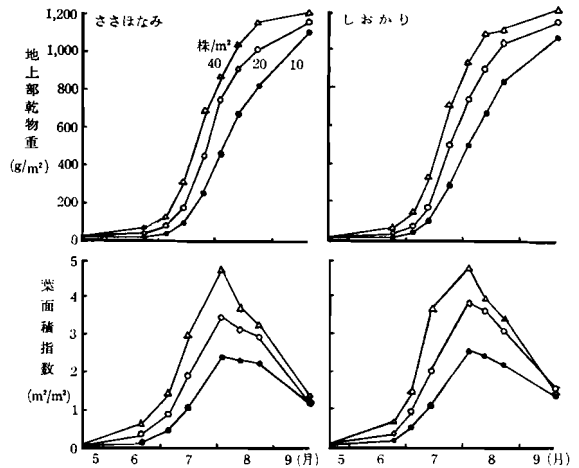


図5 生育に伴う乾物重と葉面積指数の推移

幼穂形成期ころから差が認められ、以後生育が進むとともに密度の高いほど少なくなった。神田・柿崎⁸⁾は有効分けつ末期以後生育に伴って個体間の競合が強くなることを認めている。本報においては幼穂形成期と有効分けつ終止期が接近しているので、個体間競合の表われる時期は栄養生長の面からみると一致しているといえよう。

(3) 単位面積当たりの生育

密植による個体育育の抑制は幼穂形成期ころから認められたが、単位面積当たりの生育はどうであろうか。まず茎数の推移を図4に示した。これによると密度の高いほど茎数は常に多く、10区は7月中旬に約300本/m²でそのほとんどが有効化しているが、40区は6月下旬に穂数と同程度の約500本/m²を確保し最高茎数は約800本/m²に達した。

次に乾物重と葉面積指数の推移を図5に示した。これによると乾物重、葉面積指数はともに初期から密度の高いほど多く、出穂期ころにおいてそれらの密度間差がもっとも大きかった。出穂後においては乾物重の増加が密度の高いほど停滞し、葉面積指数の減少が密植ほど著しく、成熟期におけるそれらの密度間差は小さくなった。

表 2 栽植密度と乾物生産および 100 粒当たり葉面積との関係

品 種	形 質	栽 植 密 度 (株/m ²)				
		10	20	30	40	50
ささはなみ	(a) 出穂期乾物重 (g/m ²)	446	750	882	888	890
	(b) 成熟期乾物重 (g/m ²)	1,115	11,65	1,180	1,200	1,205
	a/b (%)	40	64	75	74	74
	(c) 出穂期 L A I (m ² /m ²)	2.35	3.45	4.55	4.69	4.73
	(d) 総 粒 数 (×100/m ²)	284	372	386	381	397
	(c/d) 100 粒当たり葉面積 (cm ²)	83	93	118	123	119
しおかり	(a) 出穂期乾物重 (g/m ²)	510	720	939	960	1,000
	(b) 成熟期乾物重 (g/m ²)	1,080	1,170	1,172	1,230	1,295
	a/b (%)	47	62	80	78	77
	(c) 出穂期 L A I (m ² /m ²)	2.55	3.83	4.58	4.75	4.95
	(d) 総 粒 数 (×100/m ²)	279	346	347	349	355
	(c/d) 100 粒当たり葉面積 (cm ²)	91	111	132	136	139

寒地稲の初期生育は気象条件が寒冷なために抑制され、生育も遅れる場合が多い。密植栽培は個体生育量の抑制がありながらも集団としての茎数、穂数、乾物重、葉面積などはいずれも高く、疎植より早期に確保している。すなわち生育初期の障害を直接軽減し、一定の収量を確保する可能性をもっているものと考えられる。しかしながら出穂後の生育の密度間差は縮少してしまう。村田¹⁴⁾は出穂後の葉面積指数の密度間差はないか、または密植の方が低いことを認め、神田・佐藤¹⁰⁾は出穂後の葉身の枯死が密植ほど著しいことを認め、密度の高いほど肥料養分に対する個体間競争の激化と葉面積増大に伴う相互遮へいが著しく、そのために下葉の枯死が著しくなると考察している。寒地稲の場合も同様に考えられるが、肥料養分の不足と相互遮へいの激化のいずれが支配的な要因であるかは明らかではない。

(4) 乾物生産の型および粒数・葉面積の関係

栽植密度と全乾物重に対する出穂期乾物重の比率(a/b)および100粒当たり葉面積(c/d)との関係について表2に示した。これによると(a/b)は10区から30区までは増加し40, 50区は30区とほぼ同じ75%であった。すなわち密植の乾物生産は出穂前依存型であった。100粒当たり葉面積(c/d)は密度の高いほど向上した。この数値は物質生産における供与系と受容系の相対的な関係を示しており^{2,19)}、後期生産での供与系と受容系(葉面積と粒数)の確保のしかたは密度の高いほど供与系(葉面積)の方が大きくなって後期の

生産効率が向上し、登熟性にとっても有利であると考えられる²⁰⁾。しかしながら葉面積指数が増加し最適葉面積を越えて相互遮へいをまねくような場合には逆効果をもたらすことになる^{27,29)}。村山¹⁹⁾は粒数が同じ時の葉身重は寒地よりも暖地の方が多くそれだけ暖地では過繁茂になりやすい性格をもつと指摘している。本報の結果から密植は暖地稲に近い生育相を示すことになるが、柿本⁷⁾は寒地では葉面積指数が4以上になるのはまれであるとし、本報においても5以上にはならなかった。さらに寒地の登熟期の平均日射量は出穂遅延がなければ約300 cal/cm²・dayで、夜温も暖地より低いために、過繁茂といわれる葉面積指数は寒地では暖地よりも大きいのではないと思われる。したがって密植といっても生育量の小さい寒地においては、葉面積の過剰というようなマイナス面は小さいものと思われる。

(5) 葉身窒素含有率の推移

物質生産には葉の量とともに質が影響する。葉身光

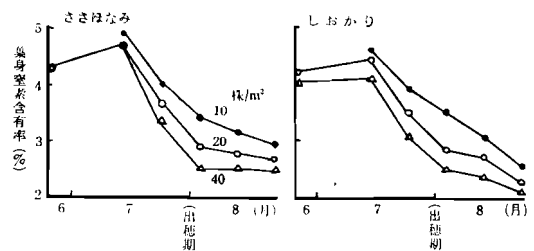


図 6 生育に伴う葉身窒素含有率の推移

合成能力と関係の深い葉身窒素含有率の推移を図6に示した。これによると葉身窒素含有率は分けつ期以後において生育の経過とともに低下し、その程度は密度の高いほど著しく、出穂期ころの密度間差が大きく、それ以後は疎植も低下し成熟期には密度間差が小さくなった。山田ら³³⁾は栽植密度と体内窒素含有率の関係を調査し、生育前半に密植が低いが、出穂期とそれ以後には密度間差がなかったと報告している。本報の結果はこれと異なっているが、草丈の場合と同様に生育各期の温度条件、出穂までの生育日数、出穂期葉身窒素含有率のレベルなどが寒地と暖地では異なるためではないかと思われる⁵⁾。また柿本⁶⁾も同様の関係を調査した結果、出穂期の体内窒素含有率の密度間差はきわめて小さかった。これは本実験と比べて供試品種が晩生でしかも出穂期が低温により著しく遅延したためではないかと思われる。したがって出穂期葉身窒素含有率と栽植密度との関係は、地域、品種の早晚、年次による出穂遅延程度などによって異なることも考えられる。

(6) 収量と収量構成要素

表3 栽植密度と穂数、一穂粒数、有効茎歩合との関係

品種	形質	栽植密度 (株/m ²)				
		10	20	30	40	50
さ さ は な み	総 穂 数 (本/m ²)	297	422	486	524	555
	一 穂 粒 数	95.5	88.2	79.5	72.8	71.6
	有効茎歩合 (%)	96.4	87.0	70.7	67.9	62.2
し お か り	総 穂 数 (本/m ²)	336	448	525	584	580
	一 穂 粒 数	83.1	77.4	66.0	60.0	61.2
	有効茎歩合 (%)	93.2	75.4	75.6	72.2	65.9

表4 栽植密度と登熟歩合、玄米千粒重、収量との関係

品種	形質	栽植密度 (株/m ²)				
		10	20	30	40	50
さ さ は な み	登 熟 歩 合 (%)	80.0	64.9	66.0	62.3	66.1
	玄米千粒重 (g)	21.7	21.4	21.3	21.3	21.3
	玄 米 収 量 (kg/a)	53.5	54.8	56.2	54.9	57.8
し お か り	登 熟 歩 合 (%)	80.0	74.1	71.9	78.0	78.1
	玄米千粒重 (g)	21.1	20.1	20.1	20.0	19.9
	玄 米 収 量 (kg/a)	48.4	53.3	53.3	55.7	58.4

栽植密度と穂数、一穂粒数、有効茎歩合の関係を表3に示した。これによると総穂数は密度の高いほど多く、10区と20区の差はとくに大きい。なお総粒数もこれと同様の関係にあった(表2)。有効茎歩合は密度の高いほど低く一穂粒数も密度の高いほど少なかった。しかしいずれも40区と50区の差は小さかった。

次に栽植密度と登熟歩合、玄米千粒重、収量との関係を表4に示した。これによると「ささはなみ」の登熟歩合と玄米千粒重はともに10区で高いが、20～50区では大差がなく、それぞれ約65%と21.3gであった。玄米収量は53.5～57.8 kg/10aであって、10～30区では密度の高いほど多く40区で低下し50区で再び増加した。しかし密植による増収は20区以上ではわずかであった。

以上の結果から密植の収量がそれほど増加しなかったのは、葉面積よりも葉の活力の低下が影響したためではないかと思われ。

なお「ささはなみ」と「しおかり」はほぼ同様の結果を示しており、これら2品種間の物質生産上の差異は解明できなかった。

2. 草姿と葉層構造

一般に寒地稲は栽植密度のちがいでによって前述のような生育相の変化を示し、密植によって葉面積が増加するが、その過剰害は小さいものと思われた。しかしこのような場合でも受光態勢が悪化すれば影響が生ずることが予想されるので、光合成の場である葉系が密植によってどのように変化するかを検討した。本試験を実施した1969年は本田生育初期の低温寡照により植痛みも一部に発生したが、試験遂行に支障はなかった。

(1) 草丈と草姿

栽植密度と開花期の草丈、葉面積指数、葉身窒素含有率および出穂後乾物増加量との関係を表5に示した。これによると草丈は密植によって短くなったが、窒素施肥量が増加しても大差はなかった。品種間では「ふくゆき」の方が「イシカリ」より高かった。葉面積指数は密植によって増加したが、「ふくゆき」のN12では差が小さかった。葉身窒素含有率は前項の結果と同様に密植によって低下したが、窒素施肥量のちがいでによってその程度が異なり、N8での低下よりN12での低下の方が少なかった。すなわち密植による出穂期ごろの窒素欠乏は基肥窒素施肥量の増加により多少改善されるものと思われる。出穂後の乾物増加量はいずれの場合も密植によって低下した。しかし基肥窒素施肥量の増加により、その差が「イシカリ」で縮まり「ふ

表 5 栽植密度と開花期の草丈、葉面積示数、葉身窒素含有率および出穂後乾物増加量との関係

形 質	N 施 肥 量 (kg/10 a)	イ シ カ リ		ふ く ゆ き	
		(20 株/m ²)	(40 株/m ²)	(20 株/m ²)	(40 株/m ²)
草 丈 (cm ²)	8	78.8	76.0	91.1	82.7
	12	78.0	75.3	89.8	84.7
葉 面 積 指 数 (m ² /m ²)	8	2.62	3.13	3.03	3.45
	12	2.94	3.85	3.45	3.37
葉 身 窒 素 含 有 率 (%)	8	3.46	2.85	3.35	2.82
	12	3.76	3.55	3.53	3.14
出 穂 後 乾 物 増 加 量 (g/m ²)	8	692	580	583	503
	12	841	738	697	564

表 6 栽植密度と草姿との関係 (N8 区)

形 質	上位 3 葉 葉 位	イ シ カ リ		ふ く ゆ き	
		(20 株/m ²)	(40 株/m ²)	(20 株/m ²)	(40 株/m ²)
葉 身 長 (cm)	n (止葉)	27.7	24.2	33.0	30.3
	n-1	32.4	31.6	36.7	37.4
	n-2	28.6	29.3	33.1	32.6
葉 身 角 度 ¹⁾ (度)	n (止葉)	18	15	48	30
	n-1	34	35	49	43
	n-2	49	45	59	54
株 開 度 ²⁾ (%)	———	46.6	29.3	36.4	27.4
葉 身 わ ん 曲 度 ³⁾	———	3.13	3.12	3.26	3.19

注) 1) 葉身角度: 稈と葉耳・葉身中央線の角度

2) 株開度: 垂直から 10 度以上傾斜している茎数比率

3) 葉身わん曲度: 葉身長と立毛中わん曲葉葉身両端長の比の上位 3 葉合計値

くゆき」でひらいた。このような品種間差は後述の受光態勢のちがいによっても説明できると思われる。

栽植密度と草姿との関係を表 6 に示した。これによると葉身長は密植によって上位葉ほど短くなり、葉身角度も同様に小さくなり直立的になった。株開度、わん曲度はともに密植によって小さくなった。すなわち密植によって草姿は直立的になったといえる。比較的わん曲的な「ふくゆき」の方が直立的な「イシカリ」よりもこの傾向が大きかった。田中³¹⁾は窒素吸収を制御して水稻の受光態勢を変化させて同化量との関係を調査し、穂数が多く上位 3 葉が短い直立的な草姿を理想型とし、密植はこのような受光態勢の制

御に利用できると指摘した。村田¹⁸⁾も密植によって葉が直立化したことを認めている。本報においてもこれらの報告と一致したが、その程度に品種間差のあることが認められた点は興味深い。

(2) 葉層構造と透光率

栽植密度と層別葉面積および透光率の関係を生育時期別に示したのが図 7 である。これによると止葉期ころ (7 月 23 日) では草冠の高さが約 70 cm で、20~50 cm の層の葉面積の分布が多く、その位置での葉面積の密度間差が大きく密植が多かったが、各区とも紡垂型の構造を示した。透光率は大差ないが密植がやや低かった。開花期ころ (8 月 6 日) では草冠の高さが

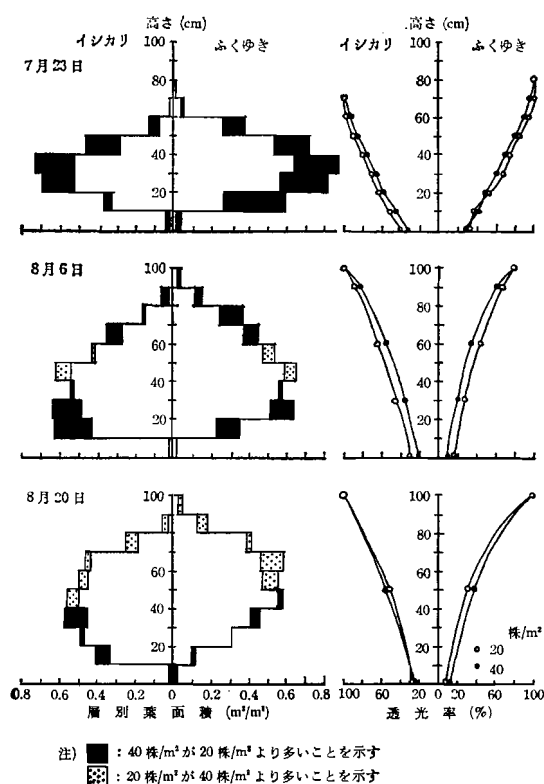


図7 栽植密度と層別葉面積および透光率の関係

約90cmで、葉面積分布は下層(20~50cm)が多かった。密度間では50~60cmの層で疎植が多いが、その上と下の層では密植が多く構造的には各区とも紡垂型を示した。透光率は密植がやや低かった。登熟期(8月20日)では草冠の高さは開花期ころと変わらないが、葉面積分布は上層へと上昇し40~70cmの層が多かった。密度間では上層(50cm以上)で疎植が、下層(50cm以下)で密植が多かった。すなわち疎植が傘型を示し密植は紡垂型に近かった。透光率は止葉期、開花期と異なり、密植より疎植の方が低い傾向であった。このような傾向は両品種とも共通して認められたが、登熟期の「ふくゆき」の葉面積分布は「イシカリ」に比較して上層で多く傘型の構造を示し、透光率は「ふくゆき」の方が低かった。神田・西沢¹¹⁾は上層部に高い密度分布をもち傘型のプロフィールを示す葉層構造は、植被層内部への光の透過を阻害し受光態勢としては同化生産に不利な構造であると考察しているが、本報においても同様なことがいえる。以上のような密植に伴う葉層構造の変化は、密植適応現象のひとつとも考えられる³⁴⁾。武田・丸田²⁵⁾、江戸¹⁾の結果は密植により草冠の高さが上昇し、葉の分布も上昇し透

光率が著しく低下している。これらの報告は本報の結果と異なった。前項において草丈、葉身窒素含有率などと栽植密度との関係が暖地の場合と異なったが、葉層構造の場合も寒地と暖地とは、異なることが伺える。

以上の結果から現在のような生態型の品種では密植による草姿と葉層構造の変化は、受光態勢を有利にしても不利にすることはないといえよう。

結 論

以上に述べた結果ならびに考察によって、寒地における密植栽培は子実生産にとって有利な態勢をそなえていることが明らかとなった。しかしながら、同時に収穫期の葉身窒素含有率が低く、生育の後半においては葉面積が急激に減少し、生産力も低下し、最終的な収量はさほど増加しないことも認められた。

水稻の収穫後生産力の作物側の構成要素として①葉面積、②単葉光合成能力、③受光態勢、④呼吸量および⑤籾数などがそのおもなものと考えられている^{13,17,26,32)}。この立場からみると寒地密植稲の不利な点は②単葉光合成能力の低下、あるいは④呼吸量の増大ではないかと思われる。山田³³⁾は栽植密度のちがひによる体内窒素含有率の差が収穫期には認められないので密植による収穫後生産力の低下は窒素欠乏によるものではなく、非同化部分の増加に伴う呼吸ロスの増大の結果であるとしている。村田らは早晩期栽培¹⁵⁾および密植多肥栽培¹⁶⁾を解析し、収穫後の乾物増加量は圃場同化能力の大小と関係なく、圃場呼吸と負の相関のあることをみている。この点について武田・玖村²⁶⁾は気象条件を考慮すると一般的法則というより日照不足に遭遇したため得られたものと指摘している。また村田¹⁴⁾は密植によって肥料養分に対する個体間競争がおり、一般に栽植密度の高いほど単葉光合成能力の低いことを認めている。本報の結果では、密植の収穫期葉身窒素含有率が疎植より低かったこと(図6)、その密度間差が窒素施肥量の増加によって縮小したこと(表5)が認められた。このことは収穫期とそれ以後の窒素欠乏が寒地密植稲の収穫後生産力低下のひとつの要因であることを示唆している。その結果、収穫後の葉面積の急激な減少、葉の活力と物質生産力の低下、有効茎歩合の低下、登熟の停滞などをまねくのではないと思われる。

したがって、北海道のような気象的条件の寒地での密植栽培は、生育期節の促進、生育量の早期確保、総籾数と葉面積の確保、葉面積/籾数比の向上、受光態勢

の改善など、収量の向上と安定にとって総合的に有利な面が多いといえよう。しかしながら、一面において生育後期の窒素欠乏、物質生産力の低下、登熟の停滞などをともなうために、これを改善するような技術も補う必要がある。ただし、この場合の窒素欠乏が単に土壤中養分の不足によるものか、あるいは根活力の低下などによるものか、などの点は解明できなかったの、そのような技術を単なる窒素多用に求めるのは早計とも思われ、今後の検討を必要とする。

引用文献

- 1) 江戸義治 1967: 水稻の品種と栽植密度. 農及園 42: 761-764.
- 2) 北条良夫 1972: 供与と受容の関係からみた光合成産物の配分. 農業技術 27: 117-122.
- 3) 星野達三, 柿本 彰, 佐竹徹三 1957¹⁾: 寒地に於ける水稻栽培の解析的研究 I 栽培密度, 特に株間距離と株内本数との関係について. 北農試彙報 72: 28-35.
- 4) ———, ———, ——— 1957²⁾: 寒地に於ける水稻栽培の解析的研究 II 栽植密度及び栽培年次を異にした場合の諸形質の変化. 日作紀 26: 89.
- 5) 石塚善明, 田中 明 1963: 水稻の栄養生理. 養賢堂 東京.
- 6) 柿本 彰 1957: 水稻の諸形質と収量. 北海道土壤肥料研究通信. 特集号: 1-8.
- 7) ——— 1967: 寒地多収地帯における水稻の生育相. 日作会第 144 会講演会シンポジウム要旨 4-6.
- 8) 神田己季男, 柿崎洋生 1956: 水稻の栽植密度に関する研究 第 1 報 収量—密度関係の法則性について. 東北大農研彙報 8(2): 73-89.
- 9) ———, ——— 1958: 水稻の栽植密度に関する研究 第 3 報 栽植様式と栽植密度の相互関連性について (2). 日作紀 27: 177-178.
- 10) ———, 佐藤文宏 1963: 水稻の栽植密度に関する研究 第 4 報 葉面積指数について. 東北大農研彙報 15(1): 37-52.
- 11) ———, 西沢武明 1967: 栽植密度, 様式を異にした水稻個体群の生長解析. 東北大農研報 18(2): 215-240.
- 12) 近藤頼己 1944: 水稻における栽植密度の増加について. 農及園 19: 667-674.
- 13) 棟方 研, 川崎 勇, 仮谷 桂 1967: 気象および稲体要因からみた水稻生産力の定量的研究. 中国農試報 A 14: 59-96.
- 14) 村田吉男, 長田明夫, 猪山純一郎 1957¹⁾: 水稻の光合成に関する研究 第 7 報 肥料条件及び栽植密度を変えた場合の光合成作用. 日作紀 26: 159-164.
- 15) 村田吉男, 長田明夫, 猪山純一郎 1957²⁾: 水稻収量と光合成作用. 農及園 32: 1292-1296.
- 16) ———, 猪山純一郎 1958: 水稻の光合成に関する研究 第 9 報 密植多肥条件下の水稻の光合成作用と乾物生産. 日作紀 27: 9-11.
- 17) ——— 1961: 水稻の光合成とその栽培学的意義に関する研究. 農技研報 D 9: 1-169.
- 18) ———, 猪山純一郎, 姫田正美, 泉 清一, 河辺愛宏, 神前芳信 1966: 光合成と物質生産から見た水稻の深耕密植栽培の研究. 農技研報 D 15: 1-53.
- 19) 村山 登 1969: 続・水稻の施肥と登熟に関する栄養生理 (2). 農業技術 24: 251-256.
- 20) 野崎倫夫, 菅原哲二郎, 高島良哉 1960: 水稻収量予測のための基礎的研究 第 7 報 出穂期における収量予測要因の検討. 日作紀 29: 207-209.
- 21) 岡島透夫 1964: 水稻栽培と密度効果の意義, 共同討議. 東北大農研彙報 15(2): 125-129.
- 22) 佐藤 孝, 清水清隆 1958: 栽植密度が水稻の分けつ構成に及ぼす影響. 日作紀 27: 179-181.
- 23) 島崎佳郎 1967: 各地域における冷害研究上の問題点と今後の試験課題, 北海道冷害対策シンポジウム記録. 第 1 部「冷害研究上の問題点と今後の試験課題」報告の部. 39-50, 農林水産技術会議.
- 24) ———, 木戸賢二, 竹川昌和 1967: 北海道における水稻の収量構成要素. 日作会第 144 会講演会要旨: 6.
- 25) 武田友四郎, 丸田 宏 1956: 作物の互生代謝作用に関する研究 VI 照度並に栽植密度が移植後の水稻の光合成に及ぼす影響. 日作紀 24: 331-338.
- 26) ———, 玖村執彦 1957: 水稻に於ける収量成立過程の解析 I 窒素条件が葉面積, 同化能率及び呼吸能率に及ぼす影響 II 受光態勢並に物質生産過程に及ぼす窒素条件の影響について. 日作紀 28: 165-175.
- 27) ———, ——— 1960: 水稻に於ける収量成立過程の解析 第 6 報 物質生産における最適葉面積とその意義について. 日作紀 29: 31-33.
- 28) ———, 広田 修 1971: 水稻の栽植密度と子実収量との関係. 日作紀 40: 381-385.
- 29) 田中 明, 山口淳一 1967: 熱帯稲の増収可能性. 農及園 42: 1321-1328.
- 30) ——— 1967: 寒冷地帯における水稻の栄養生理. 日作会第 144 会講演会シンポジウムの要旨: 12-15.
- 31) 田中孝幸 1972: 水稻の光—同化曲線に関する作物学的研究. 農技研報 A 19: 1-100.
- 32) 津野幸人, 稲葉伸由, 清水 強 1959: 主要作物

- の収量予測に関する研究 V 水稻の乾物生産と体内窒素並びに日射量との関係. 日作紀 28: 188-190.
- 33) 山田 登, 太田保夫, 中村 拓 1960: 栽植密度が水稻の生育相に及ぼす影響. 日作紀 29: 329-333.
- 34) 山田 登 1963: 水稻の生態, 作物体系 第1編 稲, III, 養賢堂 東京.

Analysis of Grain Production in Rice Plants in Hokkaido

I. Ecological effects of planting density on the growth and the plant type in receiving light

Masakazu TAKEKAWA* and Kiyoshi SUNADA**

Summary

The influences of planting density on the growth, that is the production of the number of spikelets and leaf area, and plant type in the light receiving of rice populations in different cultivars were investigated from the view point of the mode of dry-matter production with the new rice varieties in Hokkaido. The results obtained are summarized as follows; In dense planting the growth stage was promoted, and the number of tillers, the leaf area, and the weight of dry-matter at the early growth stage were increased. The number of spikelets and the rate of the leaf-area to the number of spikelets were increased, too. The leaf area index did not give more than 5 in this experiment. By dense planting, the light-receiving plant type of rice population was improved, namely, the leaf blades were short, straight and erect, and the productive structure at the ripening stage showed a spindle shape with a high leaf area density in the lower part of the canopy, while the structure in the sparse planting showed an umbrella-like shape with high leaf area density in the upper part of the canopy. The light transmission ratio showed a similar tendency in the both plantings. The dry-matter productivity in the dense planting was lower than in the sparse and the leaf area decreased markedly after heading. The nitrogen content of leaf blades near the heading time in the dense planting was lower comparing with the sparse planting, but the difference became smaller with much nitrogen fertilizing.

The reason for this is that, it maybe considered that the decrease of the dry-matter productivity after heading was influenced by the lack of nitrogen during the late growing period. These results were understood as a characteristic of rice plants in Hokkaido, while it is not seen in the south of Japan. It was considered that dense planting may be profitable for grain production of rice plants in Hokkaido, but improvements on a few points are also necessary from now.

* Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station, Asahikawa, Hokkaido, Japan.

** Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro, Hokkaido, Japan.