

網走地方における秋播小麦の生育, 収量に 及ぼす播種量と窒素施用量の影響*

下野勝昭** 大崎玄佐雄***

Effects of Seeding Density and Nitrogen Application
on Growth and Yield of Winter Wheat in the Abashiri District

Katsuaki SHIMONO and Isao OOSAKI

播種量増とN施用量増とによって倒状が増大した1977年(播種年度)は, N増施による増収効果が認められず, N施用量平均でみると, 播種量111粒/m²区の収量が最高となった。一方, 小麦栽培にとって好適な気象条件で経過した1978年(播種年度)は, N増施で顕著に増収するが, 111~700/m²の播種量間に収量差はほとんど認められなかった。

以上の結果から, 気象条件, 生育条件の相違やN施用量の多少にかかわらず, 両年とも, 播種量111粒/m²区が最も安定した子実収量を示したといえる。また, これ以上の播種量になると, 倒状しやすくなり, 収量も頭うちか, 条件によっては, 減収する場合さえあることが明らかになった。したがって, 網走地方では, 30cm畦巾で適期播種と雪腐病防除が徹底して行われるならば, 播種量は現行の標準量(350粒/m²程度)よりも少なくてよいと結論できる。

I 結 言

北海道で栽培されている秋播小麦の標準播種量は, 適期播種を前提とした場合, およそ14Kg/10a (m²当り350粒程度)とされている⁹⁾。収穫期の穂数を600~700本/m²とすると, 播種した1粒当りの穂数は約2本となり, 分けつ茎の子実生産に対する寄与率は, 極めて小さいものと考えられる。本来, 小麦は水稻と同様に多げつ性作物であるのに, 何故, このように分けつ茎を無視するような栽培法が採用されているのであろうか。その原因

の第一は, 秋播小麦の冬枯問題にあると考えられる。すなわち, 冬枯が多発するような条件下では, 穂数の確保につとめる必要があるため, 播種量増による予防的効果を期待しているのである。第2には, 子実収量と穂数との間に正の有意な相関が認められる¹⁰⁾という報告から, 密播による倒伏を生じさせない程度に播種量を増やすことが有利と考えられている点にある。一方, 低緯度地帯であるメキシコやインドで最近実施されている春播小麦の栽植密度試験によると, 4~10Kg/10a (80~200粒/m²程度)の播種量で最高収量となり, この播種量間には子実収量差のないことが認められている^{1,7)}。播性, 品種, あるいは施肥法を含めた環境条件が異なるので, 上記結果を北海道の小麦作と単純に比較できないが, それにしても分けつ茎の生産力に依存する確率が数段大きくなっている。このような相違は, 北海道で栽培されている秋播小麦の分けつ茎の生産力が, メキシコ, インドで栽培されている小麦品種のそれよりも劣って

1980年5月26日受理

* 本報の一部は, 日本土壌肥料学会北海道支部会(1979年12月)で発表した。

** 北海道立北見農業試験場, 0.99 -14 常呂郡訓子府町

*** 同上(現北海道立十勝農業試験場, 082 河西郡芽室町)

いるために生じる品種的特性なのか、あるいは、本来、保持している分けつ茎の生産力を十分に発揮させない栽培法によって持たされるものなのか、それとも、緯度の相違にもとづく環境条件によって生じるのか明らかでない。しかし、北海道と同じ高緯度に位置するイギリスでも、農林10号を親とする品種を供試した場合には、100~200粒/m²の播種量で良好な結果を得ているので¹⁵⁾、緯度の相違に基づく環境条件が主たる要因になっているとは考えられない。したがって、短強稈、穂重型品種である「ホロシリコムギ」が育成され、雪腐病防除技術が確立した現段階では、あらためて栽植密度問題について検討を加える必要がある。そこで本報告では、適期播種と徹底した雪腐病防除を前提とし、30cm 畦巾という限られた栽培条件下ではあるが、網走地方における最適播種量を求め、加えて、窒素施用量の相違がその結果にどのような影響を及ぼすのか2年間に亘り検討した。その結果を報告する。

なお、本稿の校閲を賜った北見農業試験場長馬場徹代博士、中央農業試験場化学部長奥村純一博士、同場畑作部仲野博之部長に深く感謝の意を表す。

II 試験方法

秋播小麦の最適栽植密度を知るための一環として、北見農試ほ場(湿性黒色火山性土)で播種量と窒素施用量との組合せ試験を1977~1978年(播種年度)にかけて実施した。

供試した「ホロシリコムギ」は、短強稈で穂重型品種である。畦巾は試験の都合上30cmに統一した。1977年の播種量は、33, 111, 350, 700粒/m²、1978年には、111, 222, 350, 700粒/m²と変量した。1977年の窒素施用量は、基肥Nで8, 14, 20Kg/10aとし、1978年には基肥Nを8Kg/10aに統一し、起生期に0, 6, 10Kg/10aのNを追肥した。使用した窒素質肥料は、いずれも硫安である。磷酸質肥料としては、過石、熔燐を半量づつ用い(P₂O₅: 14Kg/10a)、加里質肥料としては、硫加を使用して(K₂O: 9Kg/10a)、播種時に全量作条施用した。播種期は、1977年9月15日と1978年9月13日であり、雪腐病防除にあたっては、PCP剤とチオファネートメチル剤との混合液を11月上旬に散布し、その後、降雨があったためチオファ

ネートメチル剤を再度散布した。収穫期は、1978年7月25日と1979年8月2~8日(成熟期に対応して収穫した)である。1977年には、草丈、茎数、倒伏程度を経時的に調査し、1978年には、出穂期と収穫期に集中的な各種調査を行なった。倒伏調査の基準のとり方は重要問題であるが、本報告では肉眼観察による倒伏率として表示した。以上の試験は、いずれも3反復で、分割試験区法となるように設計されたものであり、試験成績は原則として3反復平均として示した。また、各試験区から採取された試料は、70~80°Cで通風乾燥後粉碎し、各種分析に供した。なお、農試ほ場の作土の化学性は、pH5.4, T-N: 0.64%, T-C: 6.6%, CEC: 35.5me/100g, Truog-P₂O₅: 7.3mg, 磷酸吸収係数: 1228で土性はLである。

III 試験結果

1. 生育期間の気象条件と生育情況

秋播小麦の越冬期間を除いた播種期から収穫期までの気象条件を表1に示した。1977~8年は、5月中旬から6月中旬にかけて降水量が極めて多く、6月下旬から8月上旬にかけて平年よりもかなり高温で経過する特徴が認められた。これに対して、1978~9年は、4月上旬から5月中旬まで低温で経過し、それ以降一時的に平年並の気温となるものの7月上旬から8月上旬にかけて、ふたたび低温気味で推移した。このような気象条件を反映しているものと考えられる両年の生育期をみると、出穂期は、1977~8年(1977年と略記、以下同じ)で6月19日、1978~9年(1978年と略記、以下同じ)でも6月19日、開花期は1977年で6月23日、1978年で6月24~25日、成熟期は1977年で7月24~25日、1978年で8月2日となった(いずれもN: 8Kg/10a区を対象とした生育期)。したがって、出穂期から成熟期までの日数は、1977年で35~36日、1978年で44日、開花期から成熟期までの日数は1977年で31~32日、1978年で38~39日となり、7月上旬から8月上旬にかけて低温で経過した1978年の登熟期間が極めて長期に亘ることが認められた。なお、播種量増により出穂期は若干早まる傾向にあるものの、その差は1日以内であり、播種量の変量が生育期に及ぼす影響は全般に小さかったものと考えられる。

図1には、播種量(各N施用量平均)と降水量

表1 秋播小麦生育期間の気象条件

月	年次 旬別	平均気温(°C)			最高気温(°C)			降水量(mm)		
		1977 ~1978	1978 ~1979	平年	1977 ~1978	1978 ~1979	平年	1977 ~1978	1978 ~1979	平年
9	中	15.1	13.9	15.2	21.1	20.3	20.2	45.7	58.1	35.7
	下	12.7	13.9	12.6	20.9	22.3	18.4	25.4	9.9	37.7
10	上	10.6	10.3	10.6	17.0	17.1	17.2	8.3	7.3	21.0
	中	8.0	6.6	8.0	15.0	12.7	14.3	0.9	32.7	19.6
	下	7.4	5.0	6.3	15.9	10.1	11.5	1.7	23.8	43.0
4	上	1.6	-0.3	1.0	6.8	5.6	6.0	12.2	8.0	11.9
	中	3.3	0.5	4.7	7.7	5.4	10.9	11.6	8.0	12.5
	下	7.6	4.6	7.6	13.8	10.2	14.0	4.3	4.0	11.9
5	上	10.8	8.7	9.1	17.9	16.7	15.7	18.1	2.0	16.5
	中	12.5	7.1	11.5	20.4	12.6	18.4	48.8	19.0	24.5
	下	7.9	10.9	11.3	12.8	17.7	17.7	68.3	14.0	28.1
6	上	13.0	15.2	14.0	21.2	23.0	20.4	32.8	3.5	15.9
	中	19.1	16.9	14.1	25.4	25.1	19.7	42.8	20.5	28.0
	下	19.9	17.1	16.2	26.5	22.3	21.5	17.7	27.5	29.8
7	上	21.4	16.7	16.7	27.8	20.6	21.6	18.8	53.0	21.2
	中	24.0	15.3	18.4	29.2	20.7	23.7	5.6	0.5	22.2
	下	23.1	19.8	22.1	29.6	25.4	27.6	29.1	23.0	38.9
8	上	23.6	19.6	20.5	29.2	24.8	25.3	46.1	9.5	54.4

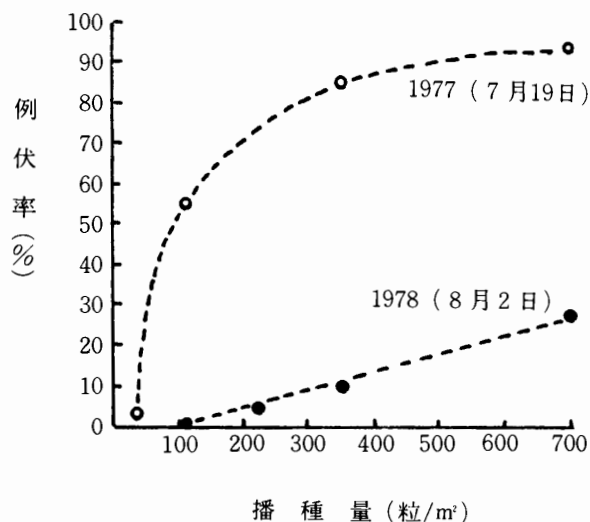


図1 播種量と倒伏率との関係 (N施用量平均)

や気温などの気象条件やN施用量などの栽培条件によって発生が異なる倒伏率との関係を示した。その結果、出穂前1ヵ月間の降水量が著しく多くなった1977年の倒伏率は1978年よりも明ら

かに高いことと、両年とも播種量の増加に伴ない倒伏率も増大することが顕著に認められた。データは省略したが、N増施も倒伏率の増大となった。なお、1977年は7月2日頃から倒伏し始め、日数の経過に伴ない激しくなったが、7月19日以降は、ほぼ横ばい状態で推移した。一方、1978年は、7月29日に一部で倒伏を認めたが、その後の進展はほとんどなく、平年との比較でも倒伏の少ない年次に該当する。

図2には、1977年に調査した播種量別(各N施用量平均)の草丈、茎数の推移を示した。播種量が多くなればなるほど茎数も増加しており、この傾向は生育初期から成熟期まで認められた。また、播種量の増加に伴なって草丈が高くなる現象も認められ、この現象は生育初期(越冬後)で著しく、後期にはその差が小さくなった。

2. 播種量および窒素施用量と子実収量との関係

表2の子実収量調査結果をみると、1977年にはN増施効果が全く認められないのに対して1978年には、その効果が顕著に認められた。播種量別に

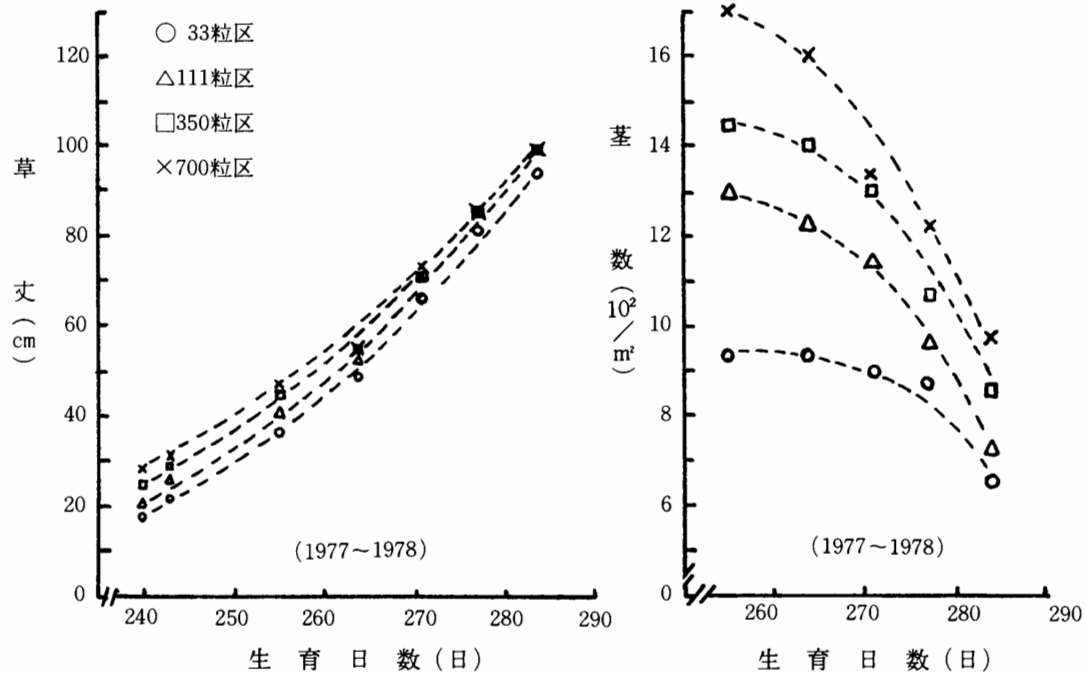


図2 播種量別草丈・茎数の推移 (N施用量平均)

1977年の結果をみると、全乾物重は播種量増により漸増するが、N：8Kg 系列区の子実収量は350粒区まで増収、N：14Kg 以上の系列では111粒区が最高収量となり、それ以上の播種量になると漸減する傾向を示した。一方、1978年は各N施用系列とも播種量の増減に伴う収量変動に一定の傾向が認められず、明らかに1977年の結果とは異

なっていた。また、1977年の収穫指数 (HI と略記、以下同じ) および粒重は、全てのN施用系列で播種量増により漸減するのに対して、1978年にはそのような傾向を認めることができなかった。図3には、各N施用量平均による播種量別子実収量、および播種量平均によるN施用量別子実収量を示した。その結果、1977年の子実収量は33粒区が最

表2 収穫期収量調査結果

その1 1977~1978

その2 1978~1979

N用量 kg/10a	播種量 粒/m²	全乾物重 kg/10a	子実乾物重 kg/10a	収穫指数 (HI) %	穂数 本/m²	粒数 10²/m²	粒重 mg	N用量 kg/10a	播種量 粒/m²	全乾物重 kg/10a	子実乾物重 kg/10a	収穫指数 (HI) %	穂数 本/m²	粒数 10²/m²	粒重 mg
8	33	996	335	33.7	416	117	28.5	8+0	111	1052	378	35.9	438	101	37.6
	111	1323	426	32.2	562	148	28.7		222	1079	378	35.0	503	103	36.9
	350	1437	461	32.0	682	159	28.9		350	990	365	36.8	481	93	39.2
	700	1462	425	29.1	715	253	27.7		700	1057	370	35.0	572	95	38.9
14	33	1073	330	30.7	454	117	28.1	8+6	111	1242	468	37.6	499	122	38.3
	111	1422	455	32.0	554	165	27.5		222	1395	484	34.6	575	130	37.3
	350	1432	425	29.7	645	162	26.2		350	1237	440	35.5	573	116	37.8
	700	1441	398	27.6	704	153	25.9		700	1397	489	35.0	709	133	36.6
20	33	1085	351	32.3	464	128	27.4	8+10	111	1305	496	38.0	521	130	38.2
	111	1380	444	32.1	611	165	26.8		222	1367	516	37.7	616	138	37.4
	350	1389	413	29.7	702	157	26.2		350	1402	529	37.7	683	141	37.4
	700	1483	413	27.8	729	163	25.3		700	1402	513	36.5	780	135	38.1

低で111粒区が最高となり、350粒区、700粒区と漸減傾向となるのに対して1978年には、111~700粒区間の子実収量差がほとんどないことを認めた。また、N施用量増により、1978年は顕著に増収となるが、倒伏の著しい1977年にはN施用量間の差がほとんど認められなかった。このような傾向をより明らかにする目的で子実乾物重の分散分析を行なったのが表3である。1977年には播種量間に有意性があり、その上、播種量とN施用量との間にわずかに交互作用も認められた。なお、低収となった33粒区を除いた処理区で分散分析を行なっても得られた結果は同一となった。一方、1978年には、N施用量間に有意な差があるものの播種量間には認められず、1977年の結果とは異なっていた。

以上のような特徴を持つ子実乾物重は、図4に示されるように単位面積当り整麦粒数との間に極

めて有意な正の相関関係があり、単位面積当り粒数の増加は増収となることが明らかに認められた。しかし、1977年は1978年よりも整麦粒数が多いのに、子実収量をみるとむしろ1978年が高収となっており、年次間の比較を行なうにはその他の要因も含めて検討しなければならないことを示している。

3. 播種量の増減が各生育形質に及ぼす影響

播種量の増減に伴う各生育形質の反応を111粒区を100とした指数で示したのが図5である。播種量増に伴って指数も増加する形質は、穂数と葉面積指数(LAIと略記、以下同じ)で、両年とも明らかに減少する形質は、穂長、止葉長、止葉巾、一穂粒数、一穂重、播種1粒当り穂数であり、111粒区以上でほとんど変動のない形質は、単位面積当り精麦粒数である。両年で若干傾向の異なる

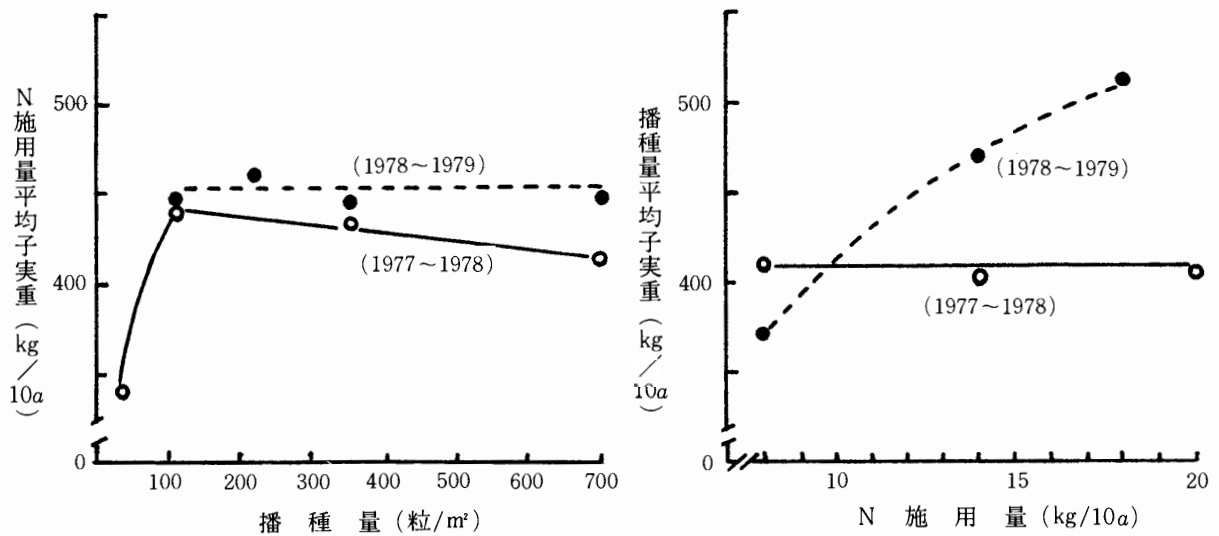


図3 子実乾物重と播種量およびN施用量との関係

表3 子実乾物重の分散分析

その1 (1977~1978)				その2 (1978~1979)			
要因	自由度	分散	F	要因	自由度	分散	F
N施用量(N)	2	267.25	1.62	N施用量(N)	2	62241.45	105.70**
ブロック	2	171.00	1.04	ブロック	2	644.70	1.09
誤差(a)	4	164.50		誤差(a)	4	588.86	
播種量(G)	3	19527.58	45.40**	播種量(G)	3	464.63	< 1
N × G	6	983.36	2.29	N × G	6	838.41	< 1
誤差(b)	18	430.13		誤差(b)	18	1086.59	

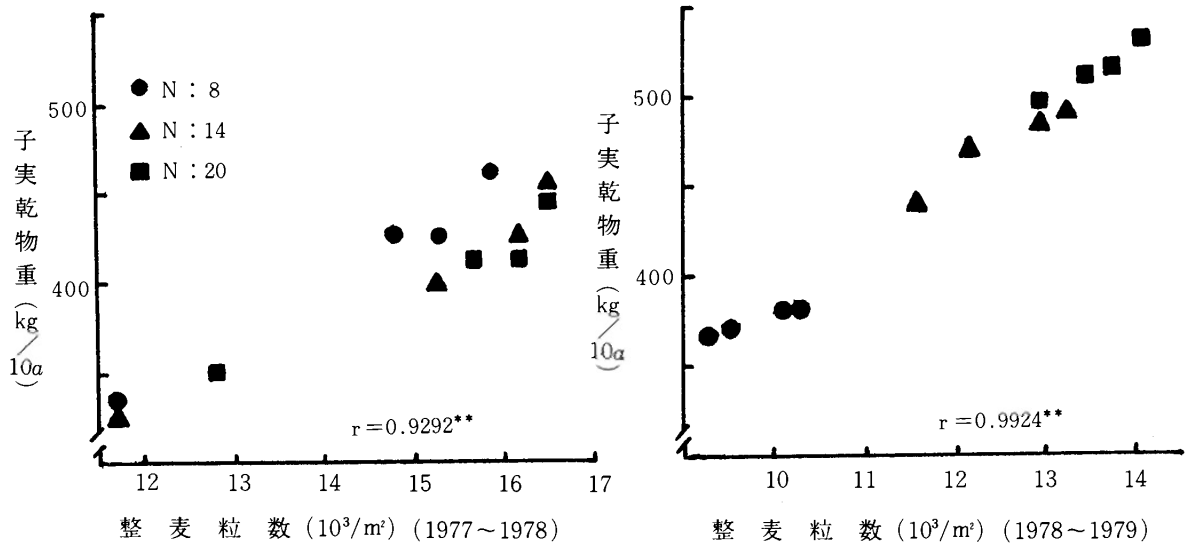


図4 子実乾物重と単位面積当り整麦粒数との関係

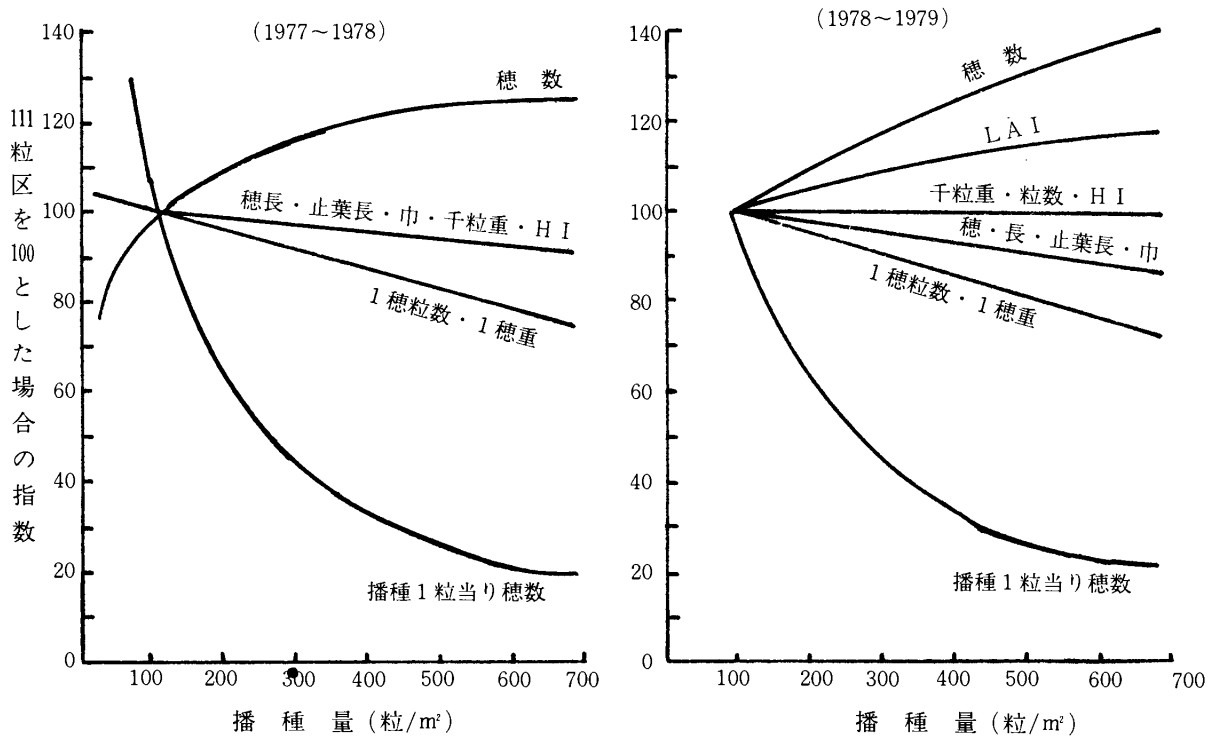


図5 播種量増(各N施用量平均)による各形質の変化

形質は粒重とHIで、1977年は漸減するのに対して、1978年はほとんど変動が認められなかった。

播種量間の子実収量差がほとんど認められなかった1978年の開花期に集中的な生育調査を行なったが、その結果を図6～10、表4に示した。図6のLAIは、窒素の増施と播種量増によって明らかに大きくなるが、止葉のLAIを別個に算出し

てみると、N施用量間に差はあるものの、播種量間の差はほとんど認められなくなった。同時に葉位別重量分布割合を図7でみると、播種量の少ない区ほど上位葉重(第1葉重と第2葉重との和)の占める割合が大きく、その上、子実収量と上位葉重との間には極めて有意な正の相関のあることが認められた。また、図9に示した止葉のクロロ

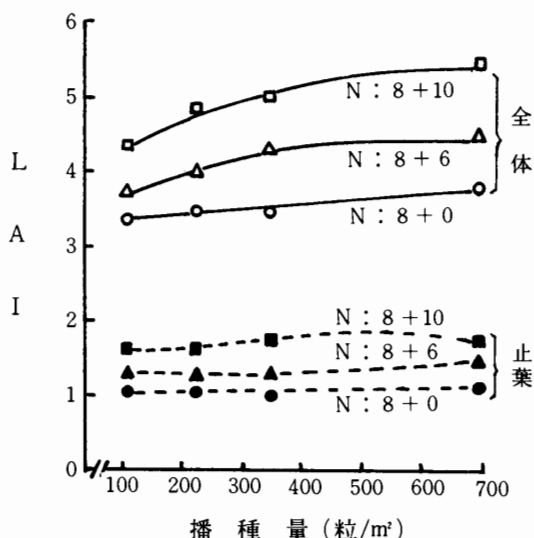


図 6 播種量およびN施用量と葉面積指数 (L A I) (1979年 6 月25日測定)

フィル濃度は、窒素の増施によって高くなるが、播種量増に伴って漸減する傾向が認められ、その傾向はN施用量の少ない場合に著しかった。このクロロフィル濃度は、図10に示されるとおり、止葉のN濃度との間に極めて有意な正の相関が認められる。各葉位のN含有率を表4でみると、播種量の多少にかかわらず、第1葉(止葉)から順次低下してきており、とくに第3葉、第4葉の低下程度が著しかった。また、各葉位ともN含有率は、播種量増により漸次低下し、基部および地上部全体としても同様な傾向のあることが認められた。

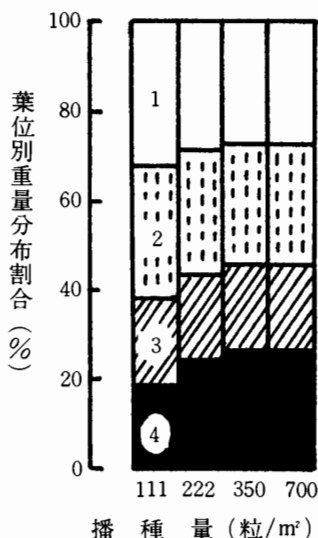


図 7 葉位別重量分布割合 (N施用量平均)

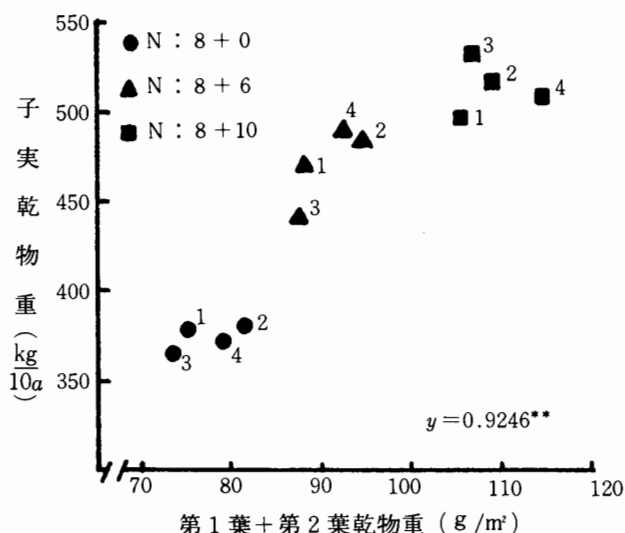


図 8 子実重と上位葉重との関係
1 : 111粒 2 : 222粒 3 : 350粒 4 : 700粒

表 4 開花期の部位別N含有率(N用量平均)

(乾物 %)

部位 播種量(粒/m²)	穂	葉					茎	地上部 全体
		第 1	第 2	第 3	第 4 以下	全 体		
111	1.93	4.51	4.03	2.99	1.34	3.48	1.15	1.77
222	1.86	4.34	3.96	2.90	1.24	3.23	1.10	1.67
350	1.89	4.30	3.95	2.82	1.10	3.08	1.05	1.61
700	1.78	4.29	3.83	2.67	1.14	3.03	1.09	1.60

4. 開花期と収穫期の乾物生産量の比較

表5には、1978年の開花期と収穫期の部位別乾物重およびN吸収量を示した。開花期の地上部全乾物重は、一部の例外を除いてほぼ播種量とN施

用量の増加に伴って増大することが認められた。開花期から収穫期にかけて全区とも全乾物重は増加するが、その増加量には、N : 8 + 0 Kg 系列区で全般に小さいことを除いて、特徴ある傾向

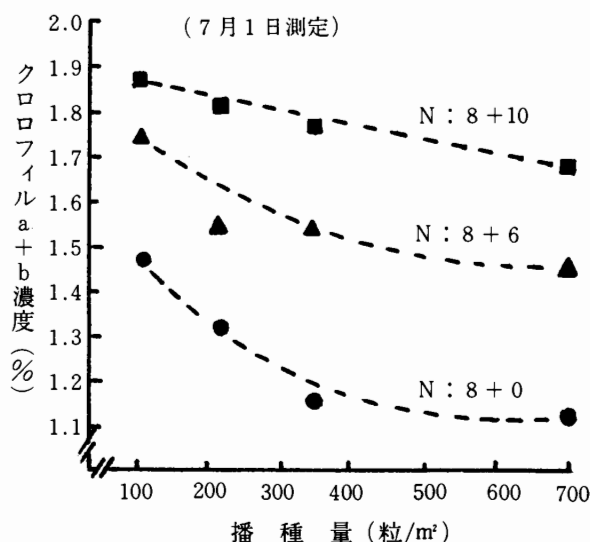


図9 止葉のクロロフィル濃度と播種量との関係

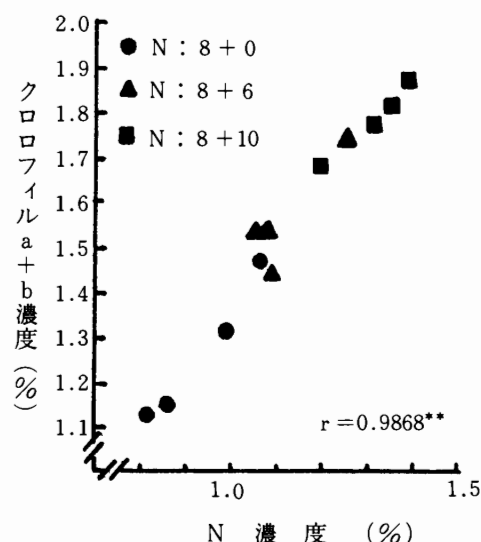


図10 止葉のクロロフィル濃度と止葉のN濃度との関係

表5 開花期と収穫期の乾物重およびN吸収量 (1978~1979)

(kg/10a)

N用量 kg/10a	播種量 粒/m²	収穫期乾物重		開花期 全乾物重	開花期以 降全乾物 増加量	開花期以 降茎葉重* 増加量	開花期刈 取後2次 生長量	収 穫 期 全 N 吸収 量	開 花 期 全 N 吸収 量	開花期以 降N増加 量
		全 体	茎 葉*							
8 + 0	111	1052	674	667	385	7	118	9.53	10.24	-0.71
	222	1079	701	787	292	-86	112	9.18	11.40	-2.22
	350	990	625	728	262	-104	99	8.37	9.63	-1.26
	700	1057	687	792	265	-105	86	9.37	10.45	-1.08
8 + 6	111	1242	774	680	562	94	132	13.90	12.09	1.81
	222	1395	911	791	604	21	124	14.06	13.22	0.84
	350	1237	797	791	446	6	122	12.00	12.60	-0.60
	700	1397	908	832	565	76	118	13.64	12.96	0.68
8 + 10	111	1305	809	752	553	57	184	16.43	14.79	1.64
	222	1367	851	808	559	48	180	17.10	15.30	1.80
	350	1402	873	864	538	9	166	17.33	16.12	1.21
	700	1402	889	920	482	-31	127	17.13	17.34	-0.21

* ほがらも含む

は認められなかった。しかし、穂がらを含めて茎葉重をみると、播種量が少ない場合には開花期以降収穫期まで茎葉重の増加が認められるのに対して、播種量が多くなればなるほど増加量は少なくなり、とくに、N施用量が少ない場合には、茎葉重の減少傾向さえ認められた。さらに、開花期サンプリング後の刈株から2次生長した生育量を乾物重として算出してみたところ、播種量の少ない区ほど、また、N施用量の多い区ほど2次生長は旺盛となることが明らかとなった。開花期および

収穫期の地上部全N吸収量は、N増施により増加するが、開花期のN: 8+10Kg系列区で播種量増により吸収量の増加が認められることを除いて、播種量間に一定の傾向は認められなかった。開花期から収穫期までのN吸収量をみると、N施用量の少ない場合には、吸収量の減少となり、N施用量の多い場合には増加となったが、播種量間に一定の傾向は認められなかった。

IV 考 察

1. 生育経過と子実生産

1977年と1978年の子実収量を分散分析すると、両年には明らかな相違が認められた。この相違には、気象条件による生育経過の差が大きく関与していたものと考えられるので、まず、生育経過の解析を行ないたい。

表 6 開花期の生育調査
(N:8kg/10a, 111粒区)

要 因	年 次	
	1977~1978	1978~1979
茎 数(本/m ²)	689	488
第 1 節 間 長(cm)	37.1	33.1
第 2 "	22.5	21.1
第 3 "	15.2	13.6

1977年は、出穂前1ヵ月間(5月中旬から6月中旬)の降水量が極めて多く、表6に示されるように茎数の増加と急激な節間伸長をうながしたため、作物は軟弱に生育し、倒伏しやすい状態におちいったものと考えられる。事実、7月2日には350粒以上の区で倒伏が発生し、7月19日には111粒区も倒伏し始め、以降収穫期にかけて著しくなった。また、開花期以降(6月下旬から7月下旬)の高温は、Fisherら⁶⁾やEvans³⁾らが述べているように登熟期間の短縮を持たらした。すなわち、1978年の登熟期間が38~39日であるのに対して1977年は31~32日と約7日間の短縮となり、粒重も明らかに1977年で小さくなった。倒伏はその程度と発生する時期によって子実収量に対する影響が異なるので、その評価には十分な配慮を払わなければならない。倒伏の程度を数値化する試みとしてFisherら⁷⁾は、ほ場観察による倒伏率と倒伏角度の積を算出し、これを倒伏指数と呼称しているが、本試験では肉眼観察による倒伏率のみを数値化したもので、Fisherの倒伏指数の概念にくらべると、倒伏が子実の乾物生産に及ぼす影響を検討するには不十分であると思われる。ただし、倒伏率は播種量とN施用量の増加に伴って大きくなり、子実収量と粒重は、N:8Kg/10a系列を除いて播種量増により減少する傾向にあるので、1977年の倒伏は、子実の乾物生産に多大な影響を及ぼしたのと考えてよいであろう。この考え方に従えば、倒伏のほとんどなかった33粒区の生育

表 7 倒伏率の推移(N施用量平均)

1977~1978, 3反復平均 %

月.日. 播種量(粒/m ²)	7.2.	7.8.	7.19.
33	0	0	3
111	0	0	55
350	38	62	85
700	70	78	93

は順調に経過し、乾物生産も良好に行われたが、穂数不足により全般に低収入となり、加えて高温による登熟期間の短縮は、倒伏のない条件で認められる窒素増施による登熟期間の延長効果をマスクしてしまい、子実収量に対する窒素増施効果も認められない結果となったのであろう。また、350~700粒区では表7に示されるとおり登熟期間の初期に倒伏が発生したため、受光態勢の悪化と茎葉から子実への炭水化物の転流に支障をきたし、増収にならない場合が多かったものと考えられる。一方、111粒区に倒伏が認められたのは登熟期後半であり、乾物生産に対する影響が比較的小さく、安定した子実収量を示したのと考えられる。ただし、350粒区であっても、N施用量の少ないN:8Kg系列の子実収量は111粒区よりも高収となり、これにはN:14, 20Kg/10a系列の350粒区にくらべると倒伏時期が若干遅れ、その程度も登熟期間の前半は軽微であったためにHIや粒重の低下とならなかったことが関与しているものと考えられる。これに対してN:14, N:20Kg/10a系列で、350粒区の子実収量は111粒区よりも低収となった。このようなN施用量間の反応の相違が播種量とN施用量との間にわずかに交互作用を生じさせる原因となったのであろう。

1978年の開花前1ヵ月間の降水量と平均気温は、平年並かそれをやや下まわり、登熟期間の気温も平年より低温となった。このような気象条件を反映して倒伏はほとんど認められず、登熟期間も平年より延長されて、1977年とは比較にならないほど小麦作にとって有利な年次となった。子実収量の分散分析結果によると、N施用量間に有意差が認められ、窒素増施で顕著に増収することを示しているが、これ以外の要因には有意差が認められないので、1977年の結果とは明らかに異なっている。低温による登熟期間の延長は、1粒重差がほとんどないことからみて、窒素増施によって

えられた穂数と粒数の増加に対応するだけの光合成産物の供給を保障していたものと考えられ、これがN施用量間に有意差を持たらした最大の原因であろう。播種量間の有意性は認められなかったが、見方を変えれば111粒区でも現行の標準量(350粒/m²程度)と同等の収量をあげようということであり、1977年に111粒区が最高収量となったことと矛盾する結果とは考えられない。また、1977年には播種量とN施用量間にわずかに交互作用を認めたが、これも前述したように倒伏が大きく関与しているのであって、倒伏のない場合には1978年と同じ結果がえられた可能性もある。以上のように、1977年は気象条件、生育経過、単位面積当り整麦粒数や1粒重、および窒素施肥反応からみて、平年とは大きくかけ離れた環境で生育したのであり、むしろ、生育異常年と考えられる。一方、登熟期間の低温条件があるとは言え、1978年はその生育経過からみて平年に近い良好な生育を示したものと思われる。したがって、以下の考察では、現行の標準播種量より少ない播種量でも同等かそれ以上の子実収量をあげることが可能な理由を明らかにするため、平年に近い1978年のデータを中心としながら論じることとする。

2. 各生育形質と子実生産

Fisherら⁷⁾は、播種量の増加に伴って春播小麦の初期生育は良好となるが、開花期頃にはほとんど差がなくなると述べている。そして子実収量は、開花前1ヵ月間の生育量と開花期以降の生育量とに支配されるため^{4,5)}、播種量が少なくても高収になると結論している。本試験では、経時的な乾物重の測定を行っていないので、推定の域を出ないが、肉眼観察によると初期生育(9月中旬から5月中旬)は播種量増により旺盛となる傾向にあり、開花期の全乾物重でも同様な傾向が認められた。しかし、このような生育量と子実収量との相互関係は認められず、むしろ、開花期以降の生育状態が子実収量に影響を及ぼしているように考えられる。開花期以降の生育はすでに報告¹¹⁾しているように、葉面積を大きく、そしてそれをいかに長く持続するかによって決定されるが、その他に単葉光合成能を高めることや子実への炭水化物の分配比率を高めることなどにも配慮しなければならない。このような観点で以下の考察を進めることにする。開花期のLAIは播種量増によって高まる

が、子実への光合成産物の供給に対して重要な位置づけを持つ止葉のLAIは、播種量間にほとんど差が認められなかった。播種量の少ない区ほど穂数減となるものの、止葉の葉長は逆に長く葉巾も広くなり、これらの要因が相互に補完し合うために止葉のLAIに差が生じなかったものと考えられる。また、武田ら¹³⁾は、開花期から収穫期にかけて葉身以外の諸器官の光合成能も考慮する必要があり、小麦では約1.3のLAIに相当するものが個体群の上部に加えられていると報告している。その部位に相当すると思われる穂の形態をみると、播種量の少ない区ほど長穂となり、負の因子となる穂数減をカバーしていると考えられるので、穂の光合成面積についても止葉のLAIと同様に播種量間には差がなかったものと推定される。次に、純同化率(NARと略記、以下同じ)および単葉光合成能に影響を及ぼす止葉のクロロフィル濃度やN濃度をみると、播種量増によって明らかに減少しているので、播種量が少ない区ほどNARや単葉光合成能は高かったものと考えられる。また、開花期の部位別N含有率をみても、播種量増に伴って減少しており、その傾向はとくに葉部で顕著に認められる。このことは、播種量の少ない区ほど葉の機能が活発であり、播種量間の成熟期に差は認められないとしても葉の老化を遅らせ、光合成能力を持続する作用があったことを示している。その上、葉別重量分布割合をみると、播種量の少ない111、222粒区は止葉や第2葉などの子実生産に直結しやすい上位葉の占める割合が高く、葉群構成の面でも有利な体制にあったものとみなすことができる。なお、多数の品種を供試した試験によると、子実と開花期の上位葉重(止葉+第2葉)との間には有意な正の相関が認められているので¹²⁾、開花期頃の上位葉の重量とその活性は、子実生産に大きな影響を及ぼしているものと考えてよい。

以上のように、生育初期から開花期までの生育は播種量の多い区ほど旺盛であるといえるが、子実生産に直結する開花期以降の生育はむしろ、播種量の少ない区で旺盛となり、これらが補完的に作用し合うために播種量間の子実収量差が生じなかったものと結論できる。言いかえれば、播種量の少ない111粒区や222粒区では穂数とLAIが相対的に小さい値となるものの、止葉や穂の光合成

可能面積に差はなく、止葉のクロロフィル濃度や N 濃度は相対的に大きな値となるために子実生産に好影響を及ぼし、播種量の多い350粒区や700粒区と同等の子実収量を生産できたものと考えることができる。また、播種した1粒当りの穂数は、播種量増に伴って顕著に少なくなり、700粒区ではほとんど主茎のみで子実収量を確保しているが、播種量の少ない111, 222粒区では分けつ茎に依存する比率が極めて強くなる。しかし、播種量間に子実収量差が認められないのであるから、分けつ茎であっても主茎と同等の生産力を持っていると考えざるをえない。したがって、分けつ茎の子実生産力が劣るために北海道では播種量が多くなるとの想定は成立せず、むしろ分けつ茎の子実生産能力を発揮させない栽培法が採用されていると考えるべきであろう。

3. Source-Sink 関係からみた光合成産物の分配

引き続き、開花期以降の光合成産物の分配はどのようになっていたか、Source-Sink 関係を中心としながら検討する。開花期以降の全乾物増加量は、窒素増施により増加するが、播種量間に一定の傾向を認めることができなかつた。しかし、茎葉重の増加量でみると、播種量増に伴って小さくなり、N 施用量の少ない N : 8 Kg/10a では、むしろ茎葉重の減少傾向さえ認められた。この結果は、播種量の少ない区では、開花期以降も茎葉部重量が増加し続けるのに対して、播種量の多い区ではむしろ減少する場合もありうることを示している。すなわち、播種量の少ない場合には、少ない茎数と高い葉部のクロロフィル濃度、および良好な葉群構成が受光態勢と光合成能力の向上を持たすため、Source 能が Sink 能を上まわり、茎葉重の増加となったのであろう。言うまでもなく、この傾向は窒素増施によって助長される。一方、播種量が多く N 施用量の少ない場合には、みかけ上茎葉から子実への炭水化物の転流が認められた。Thorne¹⁴⁾は、小麦の乾物増加曲線からみて開花前に貯えられた光合成産物や一時的に茎に貯えられた炭水化物が子実へ転流するのは、かんばつや特殊な場合を除いて10%未満であることを認めている。Thorne の考えに従うならば、播種量が多い場合には茎数も多くなるため、相対的に水分不足におちいりやすい状態となり、茎葉部から子実

への炭水化物の移動をうながしたのと考えられる。ただし、小麦の効率的な子実生産を考えた場合に、開花期以降も茎葉重の増加があった方が有利なのか、それともみかけ上茎葉重の減少があった方が有利なのかどうか不明であり、今後の課題として検討したい。

次に、1978年の単位面積(㎡)当り整麦粒数をみると、9,000~14,000粒であるのに対して、1977年の111~700粒区では15,000~16,000粒となり、両年にかんりの相違が認められる。各年次ごとにみると、整麦粒数と子実収量との間には極めて強い正の相関を示すが、両年を込みにすると両者に有意性が認められなくなり、年次によって子実収量に対する粒数の持つ意味が異なっていることを示すものと考えられる。すなわち、登熟期間が長くて Source 能が十分に働いたと考えられる1978年は全体に粒重が重く、その上播種量間に粒重差がなかったことからみて、Sink 能の大きさを示す粒数か、Sink 能の活性を示す最大粒重が制限要因になったものと考えられる。とくに播種量の少ない場合には、Source 能が Sink 能をかなり上まわったために、開花期以降にも茎葉重が増加したのであろう。一方、1977年の単位面積当り粒数は北西メキシコのかん水条件下で栽培され、700~800 Kg/10a と多収となった春播小麦(Yecora70)の粒数に匹敵しており、Sink 能は充分にあったものも考えられる。ところが、倒伏や登熟期間の大幅な短縮は、Sink 能に見合うだけの光合成産物の供給を不可能にし、全体として北西メキシコで得られた結果よりも低収域にとどまる結果となった。したがって1977年には、Source 能と Source から Sink への炭水化物の転流が制限要因となったものと考えられる。また、ここで問題となることは15,000~16,000粒と粒数が極めて多くなるような生育条件では、作物体を支持する茎稈が軟弱となり、倒伏しやすい状態となる可能性があるかどうかということである。北海道の小麦作を考える上で重要な問題となるが、結論を出すデータに不足しているので今後検討してみたい。

4. まとめと今後の課題

以上のように、網走地方において30cm 畦巾で適期播種が守られ、雪腐病防除が徹底して行われる条件で必要以上に播種量を増やすことは倒伏に結びつきやすくなり、2ヵ年の収量調査結果も含

めて検討すれば、播種量は現行の標準量（350粒/m²程度）よりも少ない111～222粒/m² でよいと結論できる。なお、遠藤ら²⁾は水田転換畑の春播小麦で280粒/m²程度の播種量がよい結果を持たせたと報告している。本試験の結果よりも最適播種量は多くなっているが、生育が早ければ早いほど（秋播小麦よりも春播小麦で）最適播種量は多くなるとする Holliday⁸⁾の結果と符号している。最後になったが、今後検討しなければならない課題についてふれてみたい。本試験で使用した「ホロシリコムギ」は、すでに指摘しているように他の品種にくらべて葉長が長くで葉巾が広く、非直立葉となる特性を持っている。播種量増による茎数増は、この品種の草型からみて受光想勢を不利にすると考えられるが、短稈で直立葉品種を用いた場合には、播種量の増減に対してどのように反応するのか検討しなければならない。また、本試験は30cmの畦巾に統一して実施されたが、畦巾を変えた場合の反応や、播種量と畦巾の交互作用も検討し、栽植密度問題を総合的に解析してみる必要がある。

引用文献

- 1) Agarwal, S.K., Moolani, M.K., Tripathi, H.P. "Effect of sowing dates, levels of nitrogen and rate of seeding on dwarf wheat." *Indian. J. Agric. Sci.* **42**, 47-52(1972).
- 2) 遠藤和雄, 本松輝久, "水田転換畑における小麦の安定生産技術の確立に関する研究, II, 泥炭地転換畑における春まき小麦の窒素吸収特性". *土肥要旨集*, **26**, 121 (1980).
- 3) Evans, L.T. "Crop physiology". Cambridge Univ Press. 1975. p.101-149.
- 4) Fischer, R.A. "Yield potential in a dwarf spring wheat and the effect of shading". *Crop. Sci.* **15**, 607-613(1975).
- 5) Fischer, R.A., Laing, D.R. "Yield potential in a dwarf spring wheat and response to crop thinning". *J. Agric. Sci. Camb.* **87**, 113-122(1976).
- 6) Fischer, R.A., Maurer, O.R. "Crop temperature modification and yield potential in a dwarf spring wheat". *Crop Sci.* **16**, 855-859(1976).
- 7) Fischer, R.A., Aguilar, I.M., Maurer, O.R., Rivas, A.S. "Density and spacing effects on irrigated short wheats at low latitude". *J. Agric. Sci. Camb.* **87**, 137-147(1976).
- 8) Holliday, R. "Plant population and crop yield: part 1". *Field Crop Abstracts.* **13**, 159-167(1960).
- 9) 尾関幸男, 佐々木 宏, 天野洋一. "北海道の畑作技術—麦類編—". 農業技術普及協会, 1978. p.157-161.
- 10) 佐々木正剛, 渡辺隆監修. "新しい麦作". 北海道, ホクレン, 道産小麦研究会, 1966. p.48.
- 11) 下野勝昭. "秋播小麦の窒素栄養と施肥". 北海道土壤肥料研究通信, 第23回シンポジウム, 1977. p.26-44.
- 12) 下野勝昭, 大崎亥佐雄. 未発表.
- 13) 武田元吉, 宇田川武俊. "麦類の光合成に関する生態学的研究, III, 同化諸器管の光合成能力の生育時期別変化". *日作紀.* **45**, 357-368 (1976).
- 14) Thorne, G.N. "Physiological aspects of grain yield in cereals". In the growth of cereals and grasses, 1966. p.88-105. in(Evans, L.T. "Crop physiology". Cambridge Univ Press, 1975. p.101-149).
- 15) Thorne, G.N., Blacklock, J.D. "Effects of plant density and nitrogen fertilizer on growth and yield of short varieties of wheat derived from Norin 10". *Annals of Applied Bology*, **78**. 93-111 (1971).

Effects of Seeding Density and Nitrogen Application on Growth and Yield of Winter Wheat in the Abashiri District

Katsuaki SHIMONO* and Isao OOSAKI**

Summary

Experiments were made during the winter cropping cycles 1977–1978 and 1978–1979 (henceforth referred to as 1977 and 1978) at the Kitami Agricultural Experiment Station, Hokkaido, Japan.

Effects of seeding density and nitrogen application on the growth and the grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L. 'Horoshirikomugi') were studied at different stages of growth in the field. All experiments were of split plot design with three replications, and density×application interaction was also examined. Row spacing was 30cm in all experiments.

In 1977, lodging occurred excessively, the optimum seeding density for the maximum grain yield was 350 plants/m² at 8kg nitrogen/10a, and was 111 plants/m² at 14 and 20kg nitrogen/10a. Seeding density×nitrogen application interaction was slightly significant. Nitrogen application interaction was non-significant. It is suggested that higher densities and higher nitrogen application conditions leading to lodging were concerned in this tendency.

In 1978, which weather conditions were very good for wheat growth, grain yield increment was curvilinearly related to increment of nitrogen application (N: 8~18kg/10a), but, was not related to increment of seeding density (111~700plants/m²). Increased seeding density was associated with high LAI at anthesis, increased number of spikes/m² at maturity, and unaffected LAI of the top leaf at anthesis. On the other hand, increased seeding density was associated with low concentration of chlorophyll and nitrogen in the top leaf blade after anthesis, decreased the ratio of dry matter of the top leaf blade, and decreased number of grains of spike at maturity. It is suggested that grain yield was unaffected by seeding density within the range 111~700 plants/m² according these tendencies.

It is revealed from the foregoing that, though weather and growing conditions differed much between both the years, 111 plants/m² showed the most stable yield and that above this density plants are susceptible to lodging and the yield reaches a plateau or it is possible to taper under specific conditions. It is concluded that the present standard seeding density of about 350 plants/m² may be reduced in the Abashiri district, if cultivation conditions are suitable (ie, sowing date, control snow blight etc).

* Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kunnepu, Hokkaido, 099-14, Japan.

** Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro, Hokkaido, 082, Japan.