HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	春播コムギにおける窒素施肥反応の系統間差異、とくに収穫指数とその関連形質について
Author(s)	高橋, 昭雄; 後藤, 寛治
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 14(2), 193-200
Issue Date	1984-10-18
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12016
Type	departmental bulletin paper
File Information	14(2)_p193-200.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

春播コムギにおける窒素施肥反応の系統間差異，

とくに収穫指数とその関連形質について

高橋昭雄・後藤寛治
(北海道大学農学部食用作物学教室)
(昭和59年4月23日受理)

Differences Between Strains in Nitrogen Response in Spring Wheat

with Special Reference to Harvest Index and its Related Characters

Akio TAKAHASHI and Kanji GOTOH
Laboratory of Field Crops, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan

緒　言

収穫指数は，1962年に DONALD[2] によって，生物学的収量に占める子実収量の割合と定義された。コムギにおいては，収穫期の全乾物重に占める子実収量（乾物重）の割合を収穫指数としている。

AUSTIN ら[1] は，秋播コムギの育種において，農林10号由来の矮性遺伝子を導入して短稈化したことが，収穫指数の上昇をもたらし，それが収量の増加に大きく貢献したことを報告している。一方，北海道における春播コムギの栽培品種は，収穫指数が低く，それが収量限定要因の一つになっていると指摘されている[6]。また，MCNEAL ら[3] および THORNE ら[8] によって，春播コムギにおける半矮性品種と長稈品種の窒素施肥反応の比較が行なわれ，収穫指数は，両者とも多肥になるにつれて低下することが報告されている。同様の傾向は，筆者らの別の実験でも認められ，北海道産品種6と導入品種7の平均で，窒素水準が0，6，12 kg/10 a と上昇するにつれ，収穫指数は34.7%，32.1%，29.7% と低下した[7]。

本試験は，収穫指数の異なる3つの外国品種と北海道の春播コムギ2品種を交配して得られた F_7 10系統と5品種を供試し，系統・品種間における窒素施肥水準に対する反応の差異を，主に収穫指数とその関連形質について解析することを目的としたものである。

材料および方法

供試系統および品種を Table 1 に示した。供試系統の交配親のうち，Jupateco 73 S，Pitic 62 はともにメキシコで育成された品種で，農林10号に由来する矮性遺伝子を有する。供試した F_7 系統は，F_6 30系統の中から，収穫指数と収量を基準として選抜された。なお，供試品種のうち，ハルヒカリは北海道の栽培品種，農林61号は本州の栽培品種である。

試験は，北海道大学附属農場で1983年に行なった。

Table 1. Strains and varieties examined

	Reference number	Cross
Strain	1-245	Jupateco 73 S×Haruhikari
	2-47, 2-124, 2-126, 2-350	Jupateco 73 S×Haruminori
	5-4-2, 5-8, 5-343	Pitic 62 ×Haruhikari
	7-61-2, 7-255	Victor 1 ×Haruhikari
Variety	Haruhikari, Jupateco 73 S, Pitic 62, Kitamiharu 47, Norin 61	

播種日は4月15日，播種密度は340粒/m² で，畦幅15 cmの条播とした。区制は，主試験区を系統・品種，副試験区を窒素施肥処理とする2反復分割区法である。窒素（以下Nと略す）施肥量は，0, 3, 6, 9, 12 kg/10 aの5水準（以下順にN 0, N 3……と表わす）とし，5月6日に畦間に施肥した。なお，リン酸とカリについては，10 a当たりそれぞれ，12 kg，9 kgを全面基肥として施与した。

出穂期，稈伸長停止期に0.135 m² を各区より掘り取り，部位別乾物重，葉面積（茎の緑色部分を含む）を測定した。また，成熟期には，0.27 m² につき部位別乾物重を測定するとともに，穂数および1000粒重を調査した。収穫指数は成熟期の全乾物重と子実収量（乾物重）から算出した。稈長は，稈伸長停止期に5茎につき測定した。

実験結果

1. 収穫指数について

Table 2 に供試した10系統・5品種の収穫指数を示した。収穫指数は，N施肥水準の平均値で，2-124が42.0%で最も高く，ハルヒカリが34.9%と最も低く，系統・品種間に明らかな差異が認められた。一方，N施肥

Table 2. Harvest index and other characters examined

	Harvest index (%)	Grain yield (g/m²)	Total dry weight (g/m²)	No. of ears (/m²)	No. of grains per ear	Weight of 1000 grains (g)	Culm length (cm)
Genotype†							
Haruhikari	34.9	454	1299	500	24.5	36.9	114
Jupateco 73 S	38.5	487	1253	493	31.5	33.8	85
Pitic 62	38.4	490	1270	441	32.0	34.0	91
Kitamiharu 47	38.9	484	1232	480	27.8	35.8	85
Norin 61	41.8	450	1068	487	28.3	32.4	82
1-245 (HH-2)	36.5	464	1250	485	25.3	37.0	90
2-47 (HH-1)	41.6	470	1105	445	28.5	36.0	83
2-124	42.0	493	1168	444	28.8	38.0	85
2-126 (LH-1)	36.8	440	1194	461	33.1	29.3	98
2-350	36.6	448	1210	476	24.9	37.2	90
5-4-2	36.2	457	1243	448	29.9	33.6	94
5-8	37.9	435	1131	439	27.0	36.0	100
5-343	38.3	467	1209	465	25.8	38.6	94
7-61-2	36.7	490	1313	515	28.3	33.3	97
7-255	38.0	438	1132	434	28.3	35.2	97
Treatment‡							
N 0	35.5	288	806	361	22.9	34.9	85
N 3	37.4	413	1101	422	27.2	36.3	91
N 6	38.2	482	1262	481	28.2	35.8	94
N 9	39.8	551	1386	519	31.0	34.7	95
N 12	40.1	589	1470	555	31.2	34.2	96
Significance							
genotype (g)	**	NS	NS	NS	**	**	**
treatment (t)	**	**	**	**	**	**	**
g×t	*	NS	NS	NS	NS	NS	*

Note. Value is the mean of genotypes or treatments.
* and ** are significant at the 5% and 1% level, respectively.
† given names in parenthesis are used in later table and figures as representatives in different nitrogen response for harvest index (see also Fig. 1).
‡ N 0～N 12 mean 0, 3, 6, 9 and 12 kg/10 a for applied nitrogen, respectively.

水準間には1%水準で有意な差異が認められたが，系統・品種との交互作用も有意（5%水準）であり，品種・系統によって収穫指数のN反応は異なった。一般にN施肥量の増加にともない収穫指数は増加したが，1系統は逆に減少した。また収穫指数のほとんど変わらない品種もみられた。Fig. 1は，N増加に対する収穫指数の反応について，増加程度の大きかった2-47と1-245，減少した2-126およびほとんど変わらなかったハルヒカリの例を示したものである。N施肥量に対する反応の特徴が明らかなこれら4系統・品種については，2-47をHH-1，1-245をHH-2，2-126をLH-1と呼び，以下の解析で用いることにした。

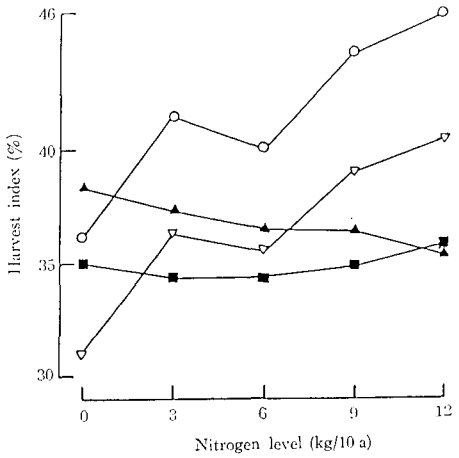

Fig. 1. Response of harvest index to nitrogen level in HH-1 (○), HH-2 (▽), LH-1 (▲) and Haruhikari (■).

2. 稈長について

一般に，N施肥量が増加すると稈長は増加し，N0以外のすべての水準で収穫指数と有意な負の相関関係（N3，N6，N9，N12でそれぞれ，$r=-0.696^{**}$，-0.615^{*}，-0.803^{**}，-0.606^{*}）が認められた。N施肥量の増加にともない収穫指数の増加したHH-1およびHH-2は，低下したLH-1と比較して短稈であった。

3. 子実収量と全乾物重について

HH-1，HH-2，LH-1およびハルヒカリについて，収穫指数を構成する子実収量と全乾物重が，N施肥にどのように反応したかを示したのがFig. 2である。子実収量と全乾物重は，類似した反応パターンを示した。すなわち，N施肥量の増加にともない収穫指数が増加したHH-1，HH-2は，子実収量と全乾物重の両者ともN施肥に対する反応性が高く，増加量が大きかった。とくに

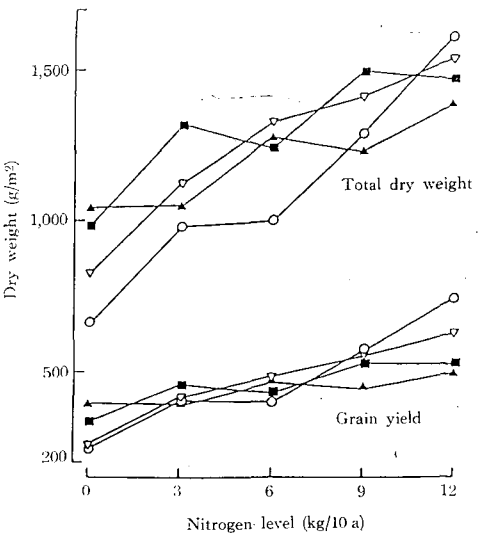

Fig. 2. Response of grain yield and total dry weight to nitrogen level. Symbols are the same as those shown in Fig. 1.

HH-1の子実収量は，N0の241 g/m²からN12の737 g/m²まで著しく増加した。一方，多肥になるにつれて収穫指数が減少したLH-1は，子実収量，全乾物重のいずれもN施肥にあまり反応せず，子実収量は，N0で399 g/m²，N12で494 g/m²であった。また，N12では全乾物重の系統間の差は小さく，そのためN施肥量増加にともなう収穫指数の増加程度が大きい系統ほど，N12において子実収量が高い傾向が認められた。この傾向は，供試したすべての系統・品種において共通して認められ，N施肥量の増加にともなう収穫指数の増加程度が大きいものほど，子実収量，全乾物重ともにN施肥に対する反応性が高く，多窒素条件下で多収となった。

4. 収量構成要素について

Fig. 3に，HH-1，HH-2，LH-1およびハルヒカリについて，収量構成要素のN施肥による変化を示した。まず穂数についてみると，N施肥量の増加にともない収穫指数が大きく増加したHH-1は，N0では347/m²と最も少い上，N9まで他にくらべて低い値で推移したが，N12で著しく増加し，633/m²と最大になった。また，HH-2もN施肥量の増加にともなう穂数の増加が大きく，N12で590/m²とHH-1に次ぐ大きい値を示した。一方LH-1は，N0からN12までのN施肥にともなう穂数の増加量が小さく，ハルヒカリも同様であった。

一穂粒数はHH-1，HH-2においてN0からN12の間でそれぞれ，20.3から31.6，19.2から28.5に増加し

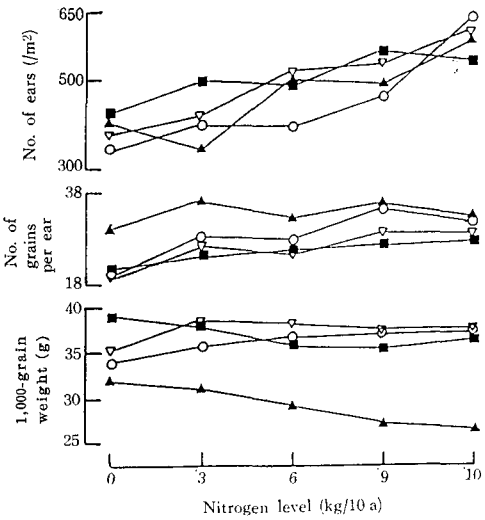

Fig. 3. Response of yield components to nitrogen level. Symbols are the same as those shown in Fig. 1.

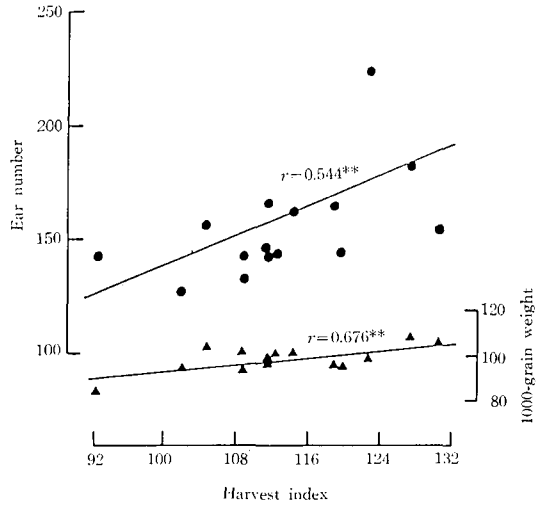

Fig. 4. Relationships between harvest index and ear number (●), and 1000-grain weight (▲). Each character was expressed as relative value of nitrogen response, namely, N 12/N 0 in percentage.

た。しかし，LH-1とハルヒカリの一穂粒数はN施肥にほとんど反応しなかった。

1000粒重については，HH-1はN 0からN 12の間で34.2 gから36.8 gに増加した。HH-2はN 3まで増加し，以後はほぼその値で推移した。それに対しLH-1は，N 0で32.0 g，N 12で26.7 gと著しく減少した。ハルヒカリも多肥になるにつれて，1000粒重は減少した。

そこでこれらの結果が供試したすべての系統・品種にあてはまるかどうかを検討した。以下にとりあげる形質のN反応は，各水準を通してほぼ一定の傾向がみられたので，単にN 0を基準 (=100) にしたときのN 12の相対値に基づいて比較した。以後これをN 0-N 12増加率と呼ぶことにする。

まず穂数のN 0-N 12増加率についてみると，収穫指数のN 0-N 12増加率との間には，$r=0.544^*$ の有意な正の相関が認められた (Fig. 4)。すなわち，N施肥により収穫指数が増加した系統・品種では，穂数の増加が大きく寄与していたといえる。

一穂粒数についてみると，収穫指数のN 0-N 12の増加率の高い2系統 (HH-1およびHH-2) では，一穂粒数のそれも高かったが，その他の系統・品種では両者に一定の対応関係は認められなかった。

また，1000粒重のN 0-N 12増加率と収穫指数のN 0-N 12増加率との間の相関は $r=0.676^{**}$ と有意であった (Fig. 4)。しかし，1000粒重のN施肥による変化は穂数にくらべて小さく，半数の系統・品種はむしろ減少しており，その減少程度が小さいことが収穫指数の増加に結びついていた。なおN施肥により著しく収穫指数の高まったHH-1は，わずかながら1000粒重も増加したことが注目された。

5. 生長パラメータについて

Table 3はHH-1, HH-2, LH-1およびハルヒカリについて，出穂期，稈伸長停止期および成熟期の穂重比 (全乾物重に対する穂乾物重の%) を示したものである。稈伸長停止期までの穂重比は20%以下であり，N施肥の影響はきわめて小さく，系統・品種間の差もまた小さかった。出穂期，稈伸長停止期において，わずかながら穂重比が高まったのは収穫指数に対するN施肥の効果が最も大きかったHH-1のみであった。すなわち，収穫指数のN施肥に対する反応に明らかな系統間差異が生じるのは，稈伸長停止期以後であった。

稈伸長停止期以後の穂重増加量は，穂重増加速度 (EGR: Ear Growth Rate) と成熟期までの日数との積で表わされる。この間の日数には，各系統・品種ともN施肥による顕著な差が認められなかった (1~3日)。したがって，収穫指数はこの間のEGRと密接に関連していたと思われるので，つぎにEGRのN施肥反応を調べた (Fig. 5)。HH-1, HH-2の稈伸長停止期から成熟期までのEGRは，N 0でそれぞれ6.8, 8.3, N 12で20.0,

Table 3. Changes in ratio* of ear weight to total dry weight after heading stage

Genotype	N level (kg/10 a)	Heading stage	Full culm elongation stage	Maturing stage
HH-1	0	12.0	16.9	51.4
	6	12.1	17.7	55.3
	12	14.2	20.0	63.1
HH-2	0	13.0	15.4	47.1
	6	12.7	17.2	50.1
	12	12.9	17.4	55.4
LH-1	0	13.0	14.3	51.4
	6	13.1	16.8	50.7
	12	12.6	17.1	49.5
Haruhikari	0	11.6	14.5	48.1
	6	11.9	13.7	47.1
	12	11.7	15.0	49.2

*: in percentage.

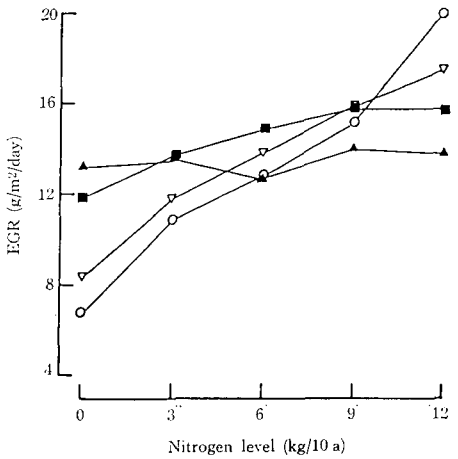

Fig. 5. Response of ear growth rate (EGR) after full culm elongation stage. Symbols are the same as those shown in Fig. 1.

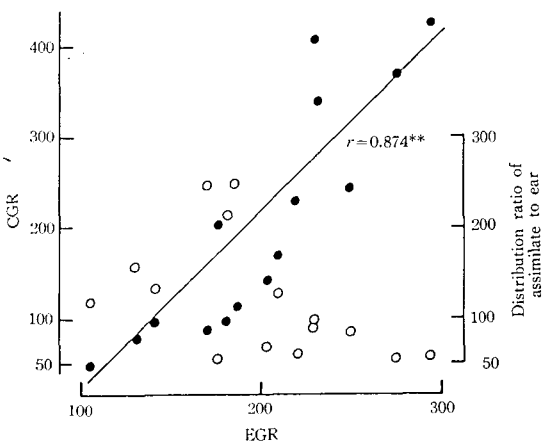

Fig. 6. Relationships between ear growth rate (ERG) and crop growth rate (CGR; ●), and distribution ratio of assimilate to ear (○) after full culm elongation stage. Each character was expressed as relative value of nitrogen response.

17.4/m²/day と多肥になるにつれて著しく高まった。一方，LH-1 の EGR の N 施肥による増加程度は小さかった。収穫指数と EGR の N 0-N 12 増加率との間には，全系統・品種を通して高い正の相関関係 (r=0.733**) が認められた。すなわち，N 多肥による収穫指数の増加は，EGR の増加に強く依存していた。

ところで，EGR はその間の個体群生長速度 (CGR: Crop Growth Rate) と穂への乾物分配率とに分解できる。また EGR と CGR の N 0-N 12 増加率の間には高い正の相関関係 (r=0.874**) がえられたが，EGR と穂への分配率の間には一定の対応関係は認められなかった (Fig. 6)。このことは，N 施肥による EGR の増加は，穂

への乾物分配率ではなくCGRの増加に強く依存していたことをあらわしている。

さらに，N施肥によるCGRの増加が，純同化率(NAR: Net Assimilation Rate)の増加と平均葉面積指数(MLAI: Mean Leaf Area Index)の増加のどちらに支配されていたかを検討するため，それぞれのN0-N12増加率間の相関関係を調べた(Fig. 7)。NARのN0-N12増加率は系統・品種間の差異が大きく，CGRのN0-N12増加率との間にきわめて高い正の相関関係(r=0.966**)が見出された。一方，MLAIについては，N0-N12増加率の系統・品種の差異が小さく，CGRのそれと一定の対応関係は認められなかった。このことから，N施肥によるCGRの増加は，MLAIではなくNARの増加に支配されていたことが明らかとなった。

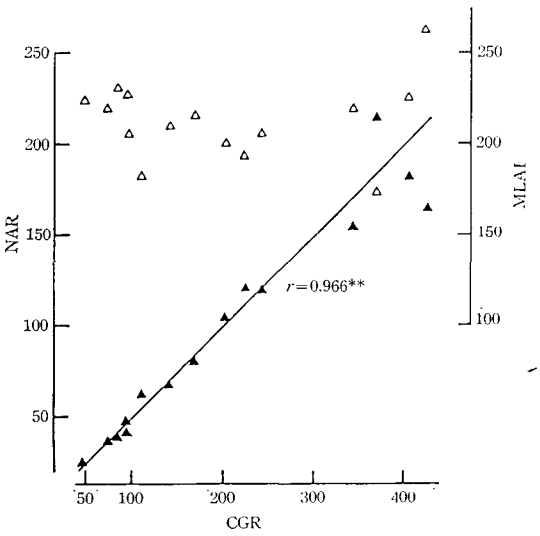

Fig. 7. Relationships between crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR; ▲) and mean leaf area index (MLAI; △) after full culm elongation stage. Each character was expressed as relative value of nitrogen response.

考　察

コムギにおいては，一般に多肥になるにつれて茎葉が過繁茂となり，収穫指数は低下する[3,8]。しかし，本試験においては，N施肥量の増加にともない多くの系統で収穫指数が増加した。これには供試した材料が，収穫指数の高いものを選抜して得られたことが一因となっていると思われる。また，エンバクにおいては，生育阻害要因がない場合に，N施肥の増加にともない収穫指数が増加した例があり[10]，水分欠乏，倒伏および病害などがなかったこともN増施による収穫指数増加の要因になっていると思われる。

多肥になるにつれて収穫指数が増加した系統は，低下した系統と比較して短稈であった。このことは，多肥条件での収穫指数の増加が半矮性系統において可能であることを示唆している[9]。

多肥になるにつれて収穫指数が大きく増加した系統では，全乾物重が大きく増加したことと相俟って，子実収量は著しく増加した。とくにHH-1は単位N投下量当たりの収量増加効率が高く，多肥栽培に適していると思われた。

一般にコムギにおいては，N施肥量を増すと穂数は増加するが，1000粒重は減少するとされている[4,5]。しかし，本試験においては，N施肥により収穫指数が大きく増加した系統(HH-1)では，穂数が著しく増加したばかりでなく，1000粒重もわずかながら増加する傾向がみられた。1000粒重は登熟中期～後期に決定される形質であり，多肥条件で収穫指数の増加した系統では，穂数や一穂粒数の増加，すなわちSinkの増大に対して，それに見合う十分なSourceからの供給がなされたことを示している。

収穫指数についての系統間の差異が顕著になるのは稈伸長停止期以後で，多肥になるにつれて収穫指数が増加した系統は，この期間の穂重増加速度(EGR)が著しく高まった。そしてこのEGRの増加は穂への乾物分配率ではなく，乾物生産速度の増加と密接に関連し，それが収穫指数の増加に結びついていた。しかし，この間の穂への乾物分配率は100%を越えており，葉以外の器官からの再分配があったと考えられる。N施肥によりEGRが増加した系統は，乾物分配率はむしろ減少しているのに対し，EGRがあまり増加しなかった系統は分配率が増加し，葉以外の器官からの同化産物の再転流が多くなる傾向がみられた(Fig. 6)。したがって，穂への乾物分配率が高まることは本来収穫指数を高めることにつながるが，実際にはN施肥により乾物生産速度と分配率の両方が高まってEGRに寄与することは起りにくいと思われる。一方，N施肥量の増加にともなうCGRの増加は，葉面積の増加よりもNARの増加に強く関連した。

以上をまとめると，N肥料の増施により単位葉面積当たりの乾物生産速度(NAR)が増加し，CGRが高まってEGRの増加をもたらし，最終的に収穫指数の増加に結びついたものと推察される。なお，NARを支配する要因としては，単位葉面積当たりの光合成能力，群落の

受光態勢などが考えられるが，多肥条件下でこれらがどのようにNARに係わっているかについては，今後さらに詳しい検討が必要である。

摘　要

収穫指数の異なる3つの外国品種と北海道の春播コムギ2品種を交配して得たF_7 10系統と5品種を，5つの窒素施肥水準 (0, 3, 6, 9, 12 kg/10 a：N 0～N 12) において栽培し，窒素反応の系統・品種間差異を明らかにするとともに，収穫指数およびその関連形質との関係について検討した。主な結果は次の通りである。

1. N施肥量の増加にともなって，9系統・4品種では収穫指数が増加したが，その増加程度には差異が認められた。また1系統では逆に多肥になるにつれて収穫指数が減少し，1品種はほとんど変わらなかった。

2. 収穫指数と稈長の間には，N 0を除く各N施肥水準で負の相関関係 ($r=-0.615^{*}$～-0.803^{**}) が認められ，多肥によって収穫指数の増加した系統は，減少した系統よりも短稈であった。

3. N施肥量の増加にともなって収穫指数が大きく増加した系統は，全乾物重の増加量も大きく，多肥条件で多収となった。

4. N施肥反応の各形質間の関係を，N 0を基準としたときのN 12の相対値 (N 0-N 12 増加率) をもって表わした。収穫指数と穂数 (/m²) および1000粒重のそれぞれの相対値の間には有意な正の相関関係 ($r=0.544^{*}$, 0.676^{**}) が認められた。ただし，1000粒重の絶対値はほとんどの系統，品種において，N施肥量の増加にともなって減少した。

5. 多肥になるにつれて収穫指数が増加した系統では，稈伸長停止期以後，穂重増加速度 (EGR) が著しく高まり，そのN 0-N 12 増加率は個体群生長速度 (CGR) のそれと高い正の相関関係 ($r=0.874^{**}$) を示した。

6. 稈伸長停止期以後のN増施にともなうCGRの増加は，その間の純同化率 (NAR) の増加によるものであり (N 0-N 12 増加率において $r=0.966^{**}$)，平均葉面積指数 (MLAI) の増加とは対応関係がみられなかった。

引 用 文 献

1. AUSTIN, R. B., BINGHAM, J., BLACKWELL, R. D., EVANS, L. T., FORD, M. A., MORGAN, C. L. and TAYLOR, M.: Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes, *J. Agric. Sci., Camb.*, **94**: 675-689. 1980
2. DONALD, C. M. and HAMBLIN, J.: The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria, *Adv. in Agron.*, **28**: 361-405. 1976
3. MCNEAL, F. H., BERG, M. A., BROWN, P. L. and MCGUIRE, C. F.: Productivity and quality response of five spring wheat genotypes, *Triticum aestivum* L., to nitrogen fertilizer, *Agron. J.* **63**: 908-910. 1971
4. PEARMAN, I., THOMAS, S. M. and THORNE, G. N.: Effects of nitrogen fertilizer on growth and yield of spring wheat, *Ann. Bot.*, **44**: 93-108. 1977
5. SCOTT, W. R.: Development and yield of 'Kopara' and 'Karamu' wheat under different rates of nitrogen, *N. Z. Journal of Agricultural Research*, **21**: 463-466. 1978
6. 丹野　久・中世古公男・後藤寛治：春播ムギ類の生産生態に関する比較作物学的研究　第1報　乾物生産ならびに乾物分配特性の差異について，北大農邦文紀，**13**: 138-145. 1982
7. 丹野　久・後藤寛治：春播コムギにおける収穫指数の品種間および処理間差異，北大農邦文紀，**14**: 56-63. 1983
8. THORNE, G. N. and BLACKLOCK, J. C.: Effects of plant density and nitrogen fertilizer on growth and yield of short varieties of wheat derived from Norin 10, *Ann. appl. Biol.*, **78**: 93-111. 1971
9. VOGEL, O. A., ALLAN, R. E. and PETERSON, C. J.: Plant and performance characteristics of semidwarf winter wheats producing most efficiently in eastern Wasington, *Agron. J.*, **55**: 397-398. 1963
10. WELETH, R. W. and YONG, Y. Y.: The effects of variety and nitrogen fertilizer on protein production in oats, *J. Sci. Food Agric.*, **31**: 541-548. 1980

Summary

Fifteen spring wheat (*Triticum aestiuum* L.) genotypes that consist of five varieties and ten strains originated from four crosses of three foreign varieties and two local varieties were grown under five nitrogen fertilizer levels (0, 3, 6, 9, 12 kg/10 a). Differences between these genotypes in nitrogen response were investigated with reference to harvest index and its related characters. The results obtained are summerized as follows:

1. Application of nitrogen gave increase of harvest index in nine strains and 4 varieties. Among these strains and varieties, however, differences were found in degrees of increase. In one strain harvest index was declined with increasing nitrogen fertilizer, and harvest index of one variety was not responded to nitrogen.

2. The strains whose harvest indices increased with increasing nitrogen fertilizer had shorter culms than those with adverse response. Under four nitrogen fertilizer levels (N 3, N 6, N 9, N 12) harvest index showed significant negative correlation with culm length ($r=-0.696^{**}$, -0.615^{*}, -0.606^{*}, respectively).

3. Grain yield and total dry weight of strains whose harvest indices increased markedly with increasing nitrogen fertilizer were increased remarkably by nitrogen fertilizer. Those strains, therefore, had high grain yields under high nitrogen level.

4. N 0–N 12 incease ratio, as relative value at N 12 level (N 0=100), was obtained in each character for evaluation of nitrogen response. N 0–N 12 increase ratio of harvest index had significant positive correlation with those of number of ears and weight of 1000 grains, namely, $r=0.544^{*}$ and 0.676^{**}, respectively.

5. In strains whose harvest indices increased with increasing nitrogen fertilizer ear growth rate (EGR) was rised after full culm elongation stage by nitrogen fertilizer.

6. After full culm elongation stage N 0–N 12 increase ratio of EGR had highly positive correlation with those of crop growth rate (CGR) ($r=0.874^{**}$).

7. Highly positive correlation was found between N 0–N 12 increase ratio of CGR and those of net assimilation rate (NAR) after full culm elongation stage ($r=0.966^{**}$). Whereas correlation coefficient between N 0–N 12 increase ratio of CGR and those of mean leaf area index (MLAI) after full culm eiongation stage was not significant.