HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	春播コムギにおける耐倒伏性の評価、とくに選抜基準としての屈曲角度について
Author(s)	王, 培武; 高橋, 昭雄; 後藤, 寛治
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 14(2), 187-192
Issue Date	1984-10-18
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/12015
Type	bulletin (article)
File Information	14(2)_p187-192.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

春播コムギにおける耐倒伏性の評価，

とくに選抜基準としての屈曲角度について

王　培　武・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10日受理）

Degree of Bending, as a Selection Criterion for Lodging Resistance in Spring Wheat

WANG, P. W., A. TAKAHASHI
and K. GOTOH
Laboratory of Field Crops, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan

緒　　言

耐倒伏性は作物収量を限定する重要な要因の一つである。とくに禾穀類では，成熟期近くになってからの倒伏は収量と品質に著しい低下を引き起こす。

水稲の倒伏については，瀬古[6]をはじめ多数の研究があるが，最近，宮坂・高屋[4]や八木[7]は統計学的な方法でより詳細な解析を加えている。ムギ類については，北條・小田[2,3]が一連の研究を展開し，北條[1]が作物の倒伏に関する知見をとりまとめている。一方，永田[5]はcLr法など古くから適用されてきたいくつかの評価法に検討を加えた。

以上を総合してみると，耐倒伏性には品種によって差があり，それには稈の強さが密接に関係し，さらに日照その他の環境条件および施肥，栽植密度などの耕種条件も関与していることがわかる。また，耐倒伏性の機構に関しては，一般に稈を一つの材質とみなした材料力学的研究，あるいは外力と作物体の関係についての力学的研究が多いようである。力学的な解析では挫折重，たわみ重を測定する方法が多く提案されてきた。

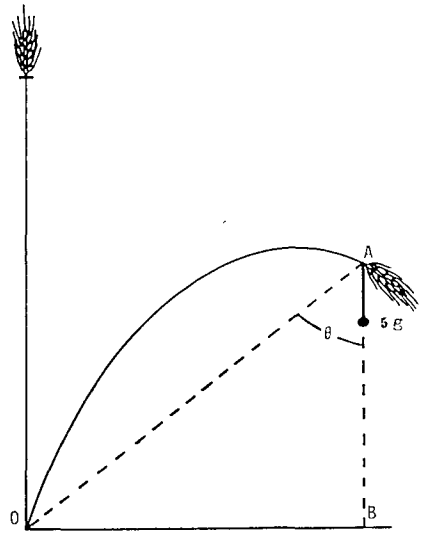
一方，育種事業においては系統の耐倒伏性を効率的に評価することが必要となる。つまり，選抜指標となる形質は，作物的に見て理論的な裏づけがあり，比較的測定が容易で，多数の系統を扱えることが条件となる。永田[5]と北條・小田[2,3]は稈長，稈挫折重，稈基重が禾穀類の耐件伏性に最も強く関係することを指摘している。したがって，実際には，圃場における倒伏の観察に加えて，稈長や稈外径などの形態的特性からも耐倒伏性が評価されてきた。

本研究では春播コムギについて，圃場条件下の稈の屈曲角度ならびにその関連形質を測定し，それらが倒伏抵抗性の指標として役立つかどうかを確かめるとともに，倒伏抵抗性の系統間差異を明らかにし，さらに窒素施用量との関係について検討した。

材料および方法

実験は2つからなり，実験1では耐倒伏性の弱い品種ハルヒカリ，ハルミノリと倒伏抵抗性の強い4つの外国品種，Jupateco 73 S, Pitic 62, Kloka WM 1353, とVictor 1の雑種後代F_7の25系統と5品種（ハルヒカリ，北見春47号，農林61号，Jupateco 73 S, Pitic 62）を供試し，北海道大学農学部附属農場（以下札幌とする），上川農業試験場（以下上川とする）および北見農業試験場（以下北見とする）の3場所で栽培した。札幌と上川では9 kg/10 aの窒素肥料を，北見では10.8 kg/10 aの窒素肥料を与えた。実験2では実験1の供試材料から選んだ10系統と上述の5品種を供試し，10 a当たり0, 3, 6, 9, 12 kgの5水準の窒素肥料処理を行った。実験1と実験2のいずれも2反復乱塊法で配置した。

圃場屈曲角度は各区から5個体を選び，穂首に5 gの重りをつけ，（図-1に示すように）穂首から地面までの垂線の長さ，穂首から稈基部までの水平距離を測定し，



図—1　圃場屈曲角度の測定方法

tan θ＝垂線の長さ/水平距離より，θ の角度を算出して，圃場屈曲角度とした。これとは別に基部から 25 cm の長さに切り取った稈について，クラウス式稈強度測定器 (Straw fracture tester, Kraus type) に取り付け，下から 20 cm のところに 50 g の重りを掛けたときの稈と垂線との角度を室内屈曲角度として求めた。その他稈長，節数，稈および穂の乾物重，稈径などを調査した。圃場における倒伏度の観察は区全体の倒伏程度を肉眼で 1 (最強)－5 (最弱) の 5 段階で評価した。倒伏程度 1, 2, 3, 4, 5 は穂首と稈基部を結んだ直線と地面との角度がそれぞれほぼ 90°, 80°, 65°, 45°, 25° 以下に対応する。

実験結果および考察

1.　耐倒伏性の評価

表-1 は実験 1 で測定した稈長，圃場屈曲角度，倒伏度を地域別に，また札幌では測定時期別に示したものである。北見を除いていずれも稈長，圃場屈曲角度に品種・系統間で有意差が認められた。札幌と上川ではハルヒカリと 5-4-1 を除き，他の品種・系統には倒伏は見られなかった。しかし，北見では全体に倒伏程度が著しく，一部の品種・系統の圃場屈曲角度と稈長が測定できなかった。一方，北見を除いて，稈長は地域間と時期間に有意差が認められず，圃場屈曲角度は地域間と測定時期で大きな差異が見られた。しかし，圃場屈曲角度の順位相関はいずれも 0.7 以上と有意に高く，測定時期，地域によって圃場屈曲角度は異なるが，その変化の程度は品種・系統固有の特性を示した。

圃場屈曲角度と稈長とは有意な相関 (0.50～0.55) を示した。稈長の長い方が圃場屈曲角度が大きい，すなわち倒伏しやすいという傾向があった。

ところで札幌，上川で測定した稈長の値と北見における倒伏度の間に 0.42～0.56 の有意な正の相関が認められ，さらに両地域で測定した圃場屈曲角度と北見における倒伏度についても，0.76～0.86 と高い有意な正の相関が認められた。つまり札幌，上川で小さい圃場屈曲角度を示した系統は北見で高い倒伏抵抗性を示した。このように，春播コムギの圃場屈曲角度の値は地域と測定時期によって大きく異ったがその変化の程度が系統間でほぼ同じであること，また圃場屈曲角度は実際に北見で観察された倒伏度とよく適合したことから，圃場屈曲角度はコムギの倒伏程度を予測するすぐれた指標として実用性があり，それに基づいてコムギの倒伏抵抗性の強さを推定できると思われる。

2.　窒素施肥水準と耐倒伏性の関係

表-2 に各施肥水準における稈長と圃場屈曲角度の平均値と施肥水準に対する回帰係数を示した。稈長は一般に窒素肥料の増加にしたがって長くなったが，系統によっては 6 kg 区，あるいは 9 kg 区を境に，それ以上の水準では変化しないものもあった。一方，圃場屈曲角度は，窒素レベルの増加にしたがって大きくなる傾向を示した。分散分析の結果，稈長と圃場屈曲角度については各窒素レベルにおいて系統間に有意差が認められたが，両形質の回帰係数の間には相関関係が認められなかった。すなわち，施肥量の増加にしたがって稈長は長くなり，圃場屈曲角度も増大したが，稈長の増加量と圃場屈曲角度の増加量は一定の対応関係を示さなかった。

窒素肥料の増加にともなう倒伏抵抗性の減少には，稈長の増加が必らずしも結びついていないことがわかったので，稈に関する他のいくつかの形質の変化を調べた。

これら諸形質相互の相関関係を示したのが表-3 である。なお，表中第 1 節，第 2 節とは稈の最下節およびその直上節を指す。表-3 からわかるように単位長さ当たりの茎重と基部節の直径との間には高い相関関係が見られ，基部節の直径が太いほど単位長さ当たりの茎重の値は大きい傾向があった。また圃場屈曲角度と室内屈曲角度も高い相関関係を示し，両指標による評価が一致することが示された。

圃場屈曲角度に最も強く影響していた稈長と単位長さ当たりの茎重について，相互関係をより明確にするために偏相関を求めた (表-4)。稈長が一定の場合，圃場屈曲角度と単位長さ当たりの茎重との相関は 0.836 と高い値

表—1 耐倒伏性の系統間ならびに地域間差異

品種：系統	札幌 (7月12日)†			札幌 (7月29日)			上川 (7月5日)			北見 (8月7日)		
	稈長 (cm)	圃場屈曲角度	倒伏度	稈長 (cm)	圃場屈曲角度	倒伏度	稈長 (cm)	圃場屈曲角度	倒伏度	稈長 (cm)	圃場屈曲角度	倒伏度
ハルヒカリ	115	84.5°	2	116	89.0°	3	116	89.0°	2	—	—	5
5-4-1	114	69.4	2	—	89.0	5	—	89.0	5	—	—	5
6-305-2	106	56.5	1	104	75.0	1	111	83.5	1	—	—	5
5-8	105	58.5	1	98	58.7	1	94	66.7	1	110	73.5°	3.5
4-8	103	19.8	1	105	52.6	1	111	51.4	1	117	54.5	2.5
6-23	103	64.4	1	103	85.7	1	117	86.8	1	—	—	5
5-343	102	68.3	1	99	70.7	1	99	86.4	1	—	—	5
5-188	101	72.6	1	100	77.6	1	102	68.7	1	—	—	4.5
2-4	100	58.5	1	101	60.7	1	97	64.4	1	—	—	3.5
1-107	100	71.2	1	107	72.7	1	112	79.3	1	—	—	5
2-126	99	56.5	1	100	62.0	1	105	84.8	1	—	—	3.5
6-300-2	99	65.2	1	102	64.9	1	97	70.1	1	—	—	4
2-350	99	61.5	1	95	64.6	1	97	70.1	1	108	80.2	3.5
7-255	99	11.0	1	99	19.0	1	100	13.4	1	115	37.5	1
2-308	99	23.1	1	103	63.5	1	103	58.8	1	118	80.1	1.5
1-115	99	22.6	1	105	74.9	1	113	71.8	1	—	—	2.5
7-61-2	98	61.5	1	101	78.7	1	109	89.0	1	—	—	4.5
5-291	97	65.1	1	95	75.3	1	99	59.2	1	—	—	5
1-319	97	31.3	1	95	57.5	1	97	36.2	1	112	81.7	1.5
7-92	97	25.3	1	99	40.9	1	98	36.1	1	107	54.0	1
Pitic 62	97	33.3	1	93	55.5	1	103	42.7	1	101	61.6	2
1-245	95	41.6	1	98	67.3	1	95	59.7	1	114	70.3	1
5-4-2	93	21.9	1	96	61.2	1	102	60.2	1	—	—	4.5
2-266	91	51.0	1	97	58.1	1	100	27.9	1	101	50.5	1
2-124	88	61.8	1	84	42.1	1	89	44.7	1	104	46.3	1
Jupateco	88	34.7	1	94	48.0	1	91	40.1	1	100	35.5	1
2-47	87	22.6	1	90	48.3	1	92	30.9	1	98	70.1	1
2-35	85	36.1	1	98	60.0	1	94	41.7	1	101	56.1	1
農林61号	84	49.3	1	85	75.9	1	86	87.5	1	—	—	4.5
北見春47号	83	4.4	1	86	17.9	1	86	20.0	1	91	14.7	1
有意差	**	*	—	**	**	—	**	**	—	—	—	—
LSD 0.05	8.6	43.1	—	8.0	21.3	—	9.4	29.9	—	—	—	—

注： *：5%，**：1%，†：( ) 内は測定日，倒伏度：1 (最強) —5 (最弱)
圃場屈曲角度については 図-1 をみよ (以下の表も同じ)

表—2　窒素施肥の増加に伴う稈長と圃場屈曲角度の変化　　(調査日　7月3日)

品種名	稈長 (cm) 施肥水準 (kg/10 a) 0	3	6	9	12	回帰係数	圃場屈曲角度 (°) 施肥水準 (kg/10 a) 0	3	6	9	12	回帰係数
ハルヒカリ	98	105	111	112	109	1.0	27	49	54	64	66	3.1
2-126	90	99	101	96	98	0.4	31	27	43	38	53	1.8
5-343	90	89	91	92	93	0.4	33	43	42	39	60	1.9
5-8	89	93	99	98	100	0.9	36	21	50	40	70	3.2
2-350	87	99	101	96	98	0.6	20	27	43	38	46	2.1
7-61-2	85	94	98	104	104	1.6	39	48	50	49	59	1.4
5-4-2	86	94	97	94	96	0.7	10	15	25	26	38	2.2
1-245	85	92	93	91	90	0.3	50	41	56	50	52	0.5
7-255	82	87	98	99	98	1.5	18	17	26	47	43	2.6
Jupateco	80	86	86	87	96	1.1	8	13	12	18	18	0.8
Pitic 62	81	88	90	92	96	1.1	27	27	25	58	66	3.7
2-47	79	84	86	85	94	1.0	39	48	58	51	62	1.6
2-124	76	82	90	82	86	0.7	15	9	27	24	27	1.3
農林61号	76	77	81	84	81	0.5	23	19	40	46	48	2.6
北見春47号	73	79	84	86	85	1.0	18	33	35	41	38	1.6

表—3　屈曲角度と稈の諸形質との相関　　(調査日　7月15日)

	屈曲角度(圃場) 1	稈長 2	屈曲角度(室内) 3	乾物重 穂 4	乾物重 稈 5	稈重/稈長 6	稈径 第1節 7	稈径 第2節 8	節間長 第1節 9	節間長 第2節 10
2	0.852***									
3	0.764***	0.678**								
4	−0.535*	−0.399	−0.404							
5	−0.258	0.135	−0.163	0.339						
6	−0.915***	−0.724***	−0.729***	0.528*	0.545*					
7	−0.684**	−0.504	−0.436	0.378	0.451	0.672**				
8	−0.683**	−0.535*	0.446	0.713***	0.282	0.609*	0.836***			
9	−0.238	0.067	0.230	0.257	0.529*	0.277	0.522*	0.422		
10	0.154	0.561*	0.143	0.096	0.372	−0.123	0.129	0.159	0.519*	

注：5品種(北見春47号，ハルヒカリ，Pitic 62, 2-47, 2-126)，窒素施肥量3水準(0, 6, 12 kg/10 a)：$n=15$

表—4　圃場屈曲角度，稈長および稈重/稈長相互の単相関，偏相関

	単相関	偏相関
稈重/稈長—屈曲角度	−0.915***	−0.836***
稈　長—屈曲角度	0.852***	0.678**
稈重/稈長—稈　長	−0.724**	0.261

を示したが，単位長さ当たりの茎重が一定の場合，圃場屈曲角度と稈長の相関値は0.678となった。このことから倒伏抵抗性には単位長さ当たりの茎重が稈長よりも強く関与していると考えられた。なお，圃場屈曲角度を一定にした場合には稈長と単位長さ当たりの茎重の間には相関関係が認められなかった。

従来，倒伏抵抗性の強さを評価する方法は主として稈

長，稈外径等の形態的特性を対象として来た。しかし，本実験の結果から稈の単位長さ当たりの重さが倒伏程度と強い関連を示しており，倒伏程度の指標として稈長，稈外径より優れていると判断された。したがって，実際に耐倒伏性の強い品種を選抜する場合には単位長さ当たりの茎重を考慮に入れることがより望ましいと思われる。

3. 稈の強さに関する主稈と分げつの比較

表-5に示したように，主稈と分げつの稈長は系統により差異があるものとないものがあった。また，圃場屈曲角度，室内屈曲角度，単位長さ当たりの茎重および基部節の直径のいずれでみても，主稈の方が分げつよりも倒伏抵抗性が強いという傾向を示した。しかし，主稈と分げつの倒伏抵抗性程度の差は系統によって異なり，主稈の倒伏抵抗性の強い品種は分げつが必らずしも強くはないことがわかった。一般に，窒素を多用すると耐倒伏性が低下することが知られているが，これは窒素施肥量の増加にしたがって分げつが増加することが一因になっているものと思われた。

表—5 主稈，分げつ別に見た稈の諸形質 調査時期 成熟期

系統名		圃場屈曲角度 (°)	室内屈曲角度 (°)	稈長 (cm)	稈重/稈長	稈径 (mm) 第1節	稈径 (mm) 第2節	節間長 (cm) 第1節	節間長 (cm) 第2節
北見春47号	主稈	12.2	7.3	82	1.88	3.50	3.62	6.9	13.0
	分げつ	60.2	18.7	86	1.38	2.40	3.31	2.3	10.6
2-47	主稈	49.1	16.3	82	1.34	2.52	2.93	4.2	10.5
	分げつ	64.2	21.7	81	1.12	2.62	2.84	5.1	11.0
2-126	主稈	45.1	10.0	94	1.39	3.00	3.28	6.6	13.5
	分げつ	81.6	23.7	87	1.15	2.87	3.02	5.2	12.4
ハルヒカリ	主稈	72.3	9.0	118	1.53	2.92	3.05	5.5	12.3
	分げつ	90.0	19.0	106	1.09	2.48	2.95	4.5	12.7

摘 要

春播コムギ5品種と25系統について，圃場条件下で稈の屈曲角度を測定し，関連する諸形質を調査して倒伏との関係を検討した。

圃場屈曲角度は，出穂後のいずれの時期においても，倒伏程度と強い関係にあり，品種・系統の倒伏抵抗性を知る上での実用的な指標になると判断された。また，圃場屈曲角度は，稈長や稈径とよりも，単位長さ当たりの稈重と高い相関関係があった。

窒素肥料を増加するほど分げつが増加し，耐倒伏性が低下した。一方，圃場屈曲角度，単位長さ当たりの稈重，基部稈径のいずれについても，主稈より倒伏抵抗性が弱い傾向を示した。したがって，窒素施肥量の増加にともなう耐倒伏性の低下は，分げつの増加が一因であると推察された。

謝 辞

本実験の遂行にあたっては，上川農試および北見農試の研究者の方々にご支援をいただいた。ここに記して心から謝意を表する。

引 用 文 献

1. 北条良夫： 作物の倒伏と強稈性，農業技術，**29**：157-162. 1974
2. 北条良夫・小田桂三郎： 大麦の強稈性に関する研究 第1報 稈の形態形成過程について，日作紀，**33**：255-258. 1964
3. 北条良夫・小田桂三郎： 大麦の強稈性に関する研究 第2報 稈における物理的性質の発達，日作紀，**33**：259-262. 1964
4. 宮坂 昭・高屋武彦： 乾田直播水稲における倒伏防止に関する研究 第1報 密播条件下での倒伏抵抗性の品種間差異，日作紀，**51**(3)：360-368. 1982
5. 永田忠男： 倒伏抵抗性検定方法についての一考察，とくに cLr と安全率の比較，神戸大農研報，**9**(1,2)：32-37. 1971
6. 瀬古秀生： 水稲の倒伏に関する研究，九州農試彙報，**7**(4)：419-499. 1962
7. 八木忠之： 水稲の強稈性に関する育種学的研究 1. 強稈性および関連形質の品種間差異，育雑，**33**：411-421. 1983

8. 森田 昇: 麦稈の力学的研究 第1報 麦稈の屈服強さ，強性係数に就いて，北海道大学農学部紀要，1: 87-90. 1951

9. 森田 昇: 麦稈の力学的研究 第2報 麦稈の強さに就いて，北大農学部紀要，1: 91-93. 1951

Summary

1. Degree of bending (θ) was measured for each culm in field grown spring wheat. It was obtained as $\tan^{-1}\left(\frac{a}{b}\right)$, where b is vertical distance from ear base where a weight (5 g) was attached to soil surface and a is horizontal distance between plant base and the given point where vertical line touches the soil surface.

2. It was applied to the total of 30 cultivars and experimental strains originated from crosses between local checks, Haruhikari or Haruminori and Jupateco 73 S, Pitic 62 and Victor. These materials were grown in the Agronomy Farm of Hokkaido University (Sapporo), and Kamikawa and Kitami Agricultural Experimental Stations. Degrees for the given materials obtained at Sapporo were highly correlated with actual lodging scores observed for the same materials in the field at the Kitami Agricultural Experiment Station.

3. The degrees were also correlated with degrees measured by Straw fracture tester, Kraus type in the laboratory for the same materials. Thus, this method seems to be useful for evaluation of lodging resistance in spring wheat.

4. A part of materials were grown under 5 nitrogen levels. Then, the degrees obtained in these materials were lower under higher nitrogen levels. It was mainly due to the fact that lodging resistance of tillers was lower than main stem, and under the higher nitrogen levels tillering was enhanced.

5. The degrees were correlated more closely with weight of unit culm length than culm length. Thus, weight of unit culm length seems to be also useful for evaluation of lodging resistance.