

コムギの凍霜害に対する播種密度の効果*

佐藤 暁子・小柳 敦史**・和田 道宏**

(東北農業試験場・**農業研究センター)

1992年10月26日受理

要 旨 : コムギ3品種について、凍霜害の被害程度に対する播種密度の効果を、節間伸長期の窒素、リン、カリウム、糖類及びデンプンの含有率との関係から検討を加えた。子実収量は低密度区(150粒/m²)で高く、高密度区(300粒/m²)で低かった。低密度区では、主要分げつが凍死しても、節間伸長期の窒素及びカリウム含有率が高いため、分げつ中期以降に出現した分げつが有効化し収量に寄与した。一方、高密度区では節間伸長期の窒素やカリウムの含有率が低く、分げつ中期以降に出現した分げつが弱小化し、主要分げつが凍死しても、これらの分げつが有効化しないため、減収程度が大きくなった。

キーワード : カリウム、コムギ、子実収量、窒素、凍霜害、播種密度、分げつ、補償。

Effects of Seeding Density on the Frost Damage of Wheat Tillers : Akiko SATO, Atsushi OYANAGI** and Michihiro WADA** (*Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka 020-01*; ***National Agriculture Research Center, Tsukuba 305, Japan*)

Abstract : Degrees of frost damage were observed for three varieties of winter wheat at the different seeding densities. Shoot nitrogen, phosphorus, potassium, sugars and starch contents were measured at the internode elongation stage. Grain yield was high in the low seeding density plots (150 seeds/m²) and low in the high seeding density plots (300 seeds/m²). Although the early tillers died from frost damage, the late tillers escaped frost damage in the low seeding density plots. These tillers showed high nitrogen and potassium contents of shoots, so that they bore spikes and contributed much to yield. In the high seeding density plots, shoot nitrogen and potassium contents were small and the later tillers were weakened. Consequently, these tillers did not bear spikes, even after early tillers died from frost damage, so that grain yield showed a marked decrease in the high seeding density plots.

Key words : Compensation, Frost damage, Grain yield, Nitrogen, Potassium, Seeding density, Tiller, Wheat.

関東及び東北南部のコムギ作では、春期の節間伸長開始後に0°C以下の低温に遭って、幼穂の凍死、穂の奇型、不稔等が発生し¹⁾、減収する²⁾ことがある。この障害は一般的に凍霜害と呼ばれており、出穂期前後に0°Cに近いプラスの温度で花粉が障害を起こし不稔となる冷害^{2,3,16)}とは区別されている。1990年産コムギ作においても、茨城、栃木、福島県⁴⁾で幼穂凍死型の凍霜害が発生した。本報は、その際、播種密度の違いによって子実収量に大きな違いが認められたことから、分げつ別の被害の実態、並びに被害程度と体内成分(窒素、リン、カリウム、糖類、デンプン)との関係について検討したものである。

材料と方法

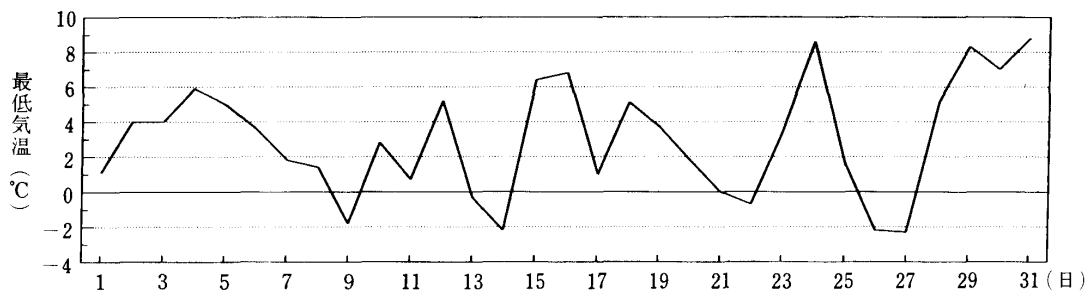
茨城県つくば市にある農業研究センターの畑圃場におけるバンドウワセ、アサカゼコムギ、農林61号の3品種を対照に調査を行った。

試験区は2反復で、1989年10月27日にテーブシーダーで条間15cmで目標播種密度m²あたり150及び300粒でドリル播した。なお、出芽後調査した

実際の苗立数はバンドウワセがそれぞれ140, 286本/m²、アサカゼコムギが132, 270本/m²、農林61号が125, 262本/m²であったが、図表では便宜上150及び300粒/m²区と示した。ほぼ最高分げつ期にあたる2月下旬に、各区から9~24個体について、あらかじめ分げつ出現時につけた標識により、分げつ別に出現の有無を調査した。被害発生が明らかになった約1週間後の4月2日に各区5個体について全被害茎の稈長と幼穂長を調査した。また、凍霜害は出穂13~20日前の節間伸長後期に発生したため、被害にあった茎が収穫期まで識別できたので、収穫後主要分げつ別に被害の有無と子実重を調査した。

植物体の化学組成については、被害発生前の3月20日(群落の高さが約50cmに達した時期)に採取した材料について行った。葉身と[葉鞘+稈]の2つの部位に分け乾燥後粉碎し、窒素、リンは硫酸一過酸化水素法⁶⁾で湿式分解後ブラン・ルーベ社のオートアナライザーで測定し、カリウムは同じ分解液を原子吸光法で分析した。また、[葉鞘+稈]については、60°Cの温水で1時間抽出後、Fキットを用いて酵素法¹¹⁾でグルコース、フルクトース、シュクロースの含有率を求めた。さらに、加水分解後のグルコー

*大要は、日本作物学会関東支部第79回講演会(1990年12月)において発表。



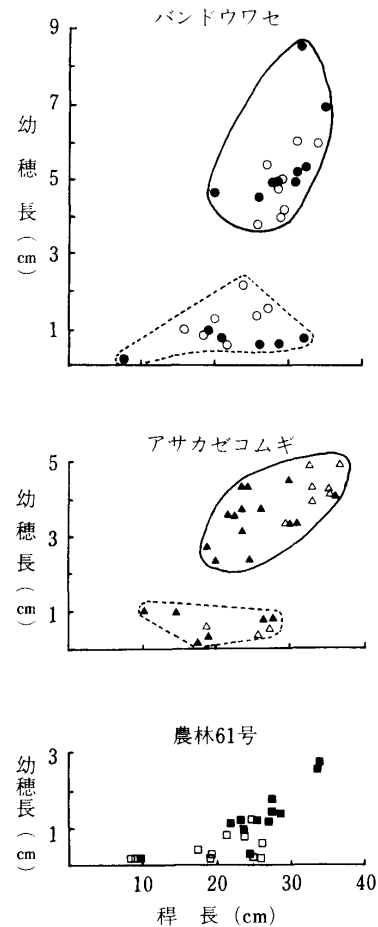
第1図 1990年3月の最低気温の推移。

ス、フルクトースから、さきに求めたグルコース、フルクトース、シュクロースを差し引いてフラクタンの含有率を求めた。デンプンは抽出残査についてFキットを用いて酵素法で分析した。なお、茎の種類と呼称は、主稈をM、鞘葉の葉腋から出現した分げつをTc、主稈の第1～第3葉の葉腋から出現した分げつをそれぞれT₁、T₂、T₃とし、T₁のプロフィルの葉腋から出現した分げつをT_{1p}、これら以外の分げつをT_Rとした。また、凍霜害発生後、新たに出現した茎で検実したものを補償穂とした。なお、1990年3月の最低気温は、供試圃場から約1km離れた農業環境技術研究所気象管理科気候資源研究室の測定値を用いた。

結 果

1. 3月の気象条件と凍霜害の発生

1989～1990年の冬は暖冬で、コムギの生育は全般的に進んでいた。農業研究センターにおける農林61号の平年の出穂期は4月30日であるが、この年は4月15日で、約2週間出穂が早まった。なお、バンドウワセの出穂期は4月8日、アサカゼコムギは4月9日であった。1990年3月の最低気温の推移を第1図に示した。0°C以下の低温は3月9日、14日、22、26、27日に生じた。凍霜害は主に生育の進んだ3月26、27日の-2～-3°Cの低温により発生したと考えられた。しかし、バンドウワセとアサカゼコムギでは、3月9、14日の低温でも一部被害が発生したと考えられる。これは、被害茎の稈長と幼穂長の関係をみると(第2図)、バンドウワセとアサカゼコムギでは、稈長に比較して幼穂長が長い群と短い群に分かれることから推察できた。すなわち、凍霜害で幼穂が凍死しても稈はしばらくの間伸長するため、幼穂長の短い群は3月26、27日の低温ではなく、それ以前の3月9日ないし3月14日の低温で被害があった茎にあたると考えられた。また、出穂期が早い



第2図 被害茎の稈長と幼穂長との関係(4月2日調査)。

バンドウワセ アサカゼコムギ 農林61号
密度 150 ● ▲ ■
300 ○ △ □

品種ほど稈長に対する幼穂長の値が大きい傾向があった。

播種密度の違いでは、アサカゼコムギの幼穂長の長い群の場合、被害茎の稈長及び幼穂長は高密度区で長い傾向を示したが、農林61号では逆に低密度区で長い傾向を示し、一定の傾向が認められなかった。

2. 分げつ別の被害率, 穂数構成及び子実収量

第1表で主要分げつの被害率をみると, 農林61号では各分げつとも高密度区で大きかったが, バンドウワセとアサカゼコムギでは, 分げつによっては低密度区で大きい場合があり, 一定の傾向は認められ

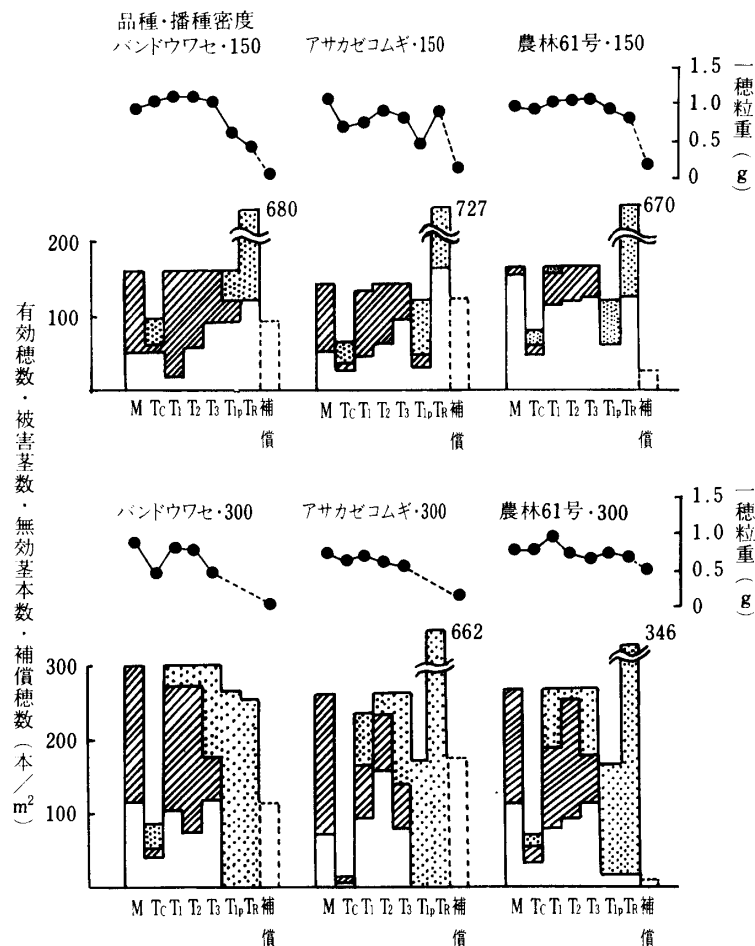
なかった。

第3図は, m^2 あたりの有効穂数, 被害茎数, 無効茎数, 補償穂数及び1穂粒重について分げつ別に検討したものである。まず品種間差異についてみると, 出穂期の早いバンドウワセ, アサカゼコムギは農林

第1表 主要分げつの凍霜害被害率 (%)。

品 種	播種密度 (粒/ m^2)	M	T ₁	T ₂	T ₃
バンドウワセ	150	66.7±0.0	87.5±5.9	62.5±5.9	41.7±0.0
	300	62.9±12.0	59.8±9.8	73.4±9.4	31.6±14.4
アサカゼコムギ	150	64.2±8.3	64.6±3.0	54.2±17.7	36.6±4.7
	300	60.3±27.9	42.2±21.0	45.0±21.2	42.2±17.3
農林61号	150	8.0±0.0	25.8±10.7	27.9±4.1	24.3±1.3
	300	57.4±2.5	56.2±8.8	62.8±10.2	34.5±1.7

Mは主稈, T₁₋₃は主稈の第1~3葉の葉腋から出現した分げつを示す。



第3図 分げつ別の有効穂数, 被害茎数, 無効茎数, 補償穂数及び一穂粒重。

□: 有効穂数, ▨: 被害茎数, ●: 無効茎数, []: 補償茎数

Mは主稈, T_cは鞘葉の葉腋から出現した分げつ, T₁₋₃は主稈の第1~3葉の葉腋から出現した分げつ, T_{1p}は, T₁分げつのプロフィールから出現した分げつ, T_rはこれら以外の分げつ, 補償は凍霜害発生後新生した茎で結実したものを示す。

61号より被害茎数が多い傾向を示した。分げつ別にみると、各品種とも通常、幼穂や稈の発育が早く、収量への貢献度が大きいM、 T_1 、 T_2 及び T_3 で被害が大きかった。また、補償穂の発生は、バンドウワセとアサカゼコムギで多かったが、補償穂の一穂粒

重は極めて小さく、収量への貢献度は小さかった。

次に播種密度の差異についてみると、高密度区では、生育後期に発生する T_{1P} と T_R の有効穂数が、全品種共通して少なく、これらの分げつの多くが無効茎となった。そこで、両密度区の子実収量と $[T_{1P}+T_R]$ の子実重との関係を検討してみると(第2表)、子実収量は3品種とも高密度区で低く、特に $[T_{1P}+T_R]$ の子実重が極めて少なかった。それに比べ、子実収量が高かった低密度区では、子実収量に占める $[T_{1P}+T_R]$ の子実重の比率が高く、バンドウワセとアサカゼコムギでは30%以上を占めており、子実収量の密度間差異は主として $[T_{1P}+T_R]$ の子実重の差異を反映していた。

3. 体内成分と $[T_{1P}+T_R]$ 穂数及び補償穂数との関係

第3表に節間伸長期における3要素や糖類の含有率を示した。葉身と $[葉鞘+稈]$ の窒素及びカリウム含有率は、3品種とも高密度区で低い傾向があっ

第2表 子実収量及び $[T_{1P}+T_R]$ の子実重。

品 種	播種 密度 (粒/m ²)	子実 収量 (A) (g/m ²)	$[T_{1P}+T_R]$ (B)÷(A) の 子実重(B) ×100 (%)	
			(g/m ²)	(%)
バンドウ	150	358±105	112±68	31.3
ワセ	300	193±6	2±3	1.0
アサカゼ	150	349±38	112±4	32.1
コムギ	300	238±6	0	0
農林61号	150	508±33	100±30	9.6
	300	394±22	16±23	4.1

T_{1P} , T_R : 第3図と同じ。

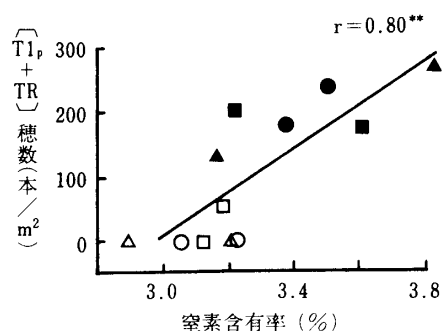
第3表 節間伸長期における窒素、リン酸、カリ、糖、デンプン含有率及び $[T_{1P}+T_R]$ 穂数、補償穂数との相関係数。

品 種	播種密度 (粒/m ²)	窒 素(%)		リン酸(%)		カリ(%)	
		葉 身	葉鞘+稈	葉 身	葉鞘+稈	葉 身	葉鞘+稈
バンドウワセ	150	3.4±0.1	1.3±0.1	0.25±0.02	0.18±0.01	3.7±0.1	3.5±0.1
	300	3.1±0.1	1.1±0.1	0.26±0.01	0.18±0.01	3.5±0.1	3.3±0.1
アサカゼコムギ	150	3.5±0.5	1.4±0.4	0.23±0.01	0.15±0.02	3.8±0.1	3.1±0.4
	300	3.0±0.2	1.2±0.1	0.24±0.02	0.18±0.01	3.4±0.1	3.1±0.3
農林 61 号	150	3.4±0.3	1.4±0.1	0.22±0.03	0.16±0.02	3.8±0.1	3.7±0.1
	300	3.1±0.1	1.1±0.2	0.25±0.01	0.16±0.04	3.7±0.3	3.2±0.8
相関関係 (n=12)							
$[T_{1P}+T_R]$ 穂数		0.80**	0.70*	-0.29	-0.04	0.74**	0.44
補償穂数		-0.09	0.01	0.14	0.33	-0.39	-0.23

品 種	播種密度 (粒/m ²)	葉 鞘+稈				
		グルコース (%)	フルクトース (%)	シュクロース (%)	フルクタン (%)	デンプン (%)
バンドウワセ	150	2.8±0.3	2.9±0.5	6.2±0.4	3.2±0.7	0.96±0.23
	300	3.0±0.1	3.1±0.1	6.0±0.2	3.4±1.0	0.60±0.03
アサカゼコムギ	150	2.3±0.1	2.9±0.3	7.3±2.0	5.0±1.4	0.74±0.11
	300	2.5±0.4	3.0±0.4	8.3±1.1	6.3±3.3	0.82±0.19
農林 61 号	150	2.0±0.0	3.3±0.3	5.2±0.8	2.6±0.8	0.73±0.06
	300	2.1±0.1	2.9±0.2	5.3±1.0	4.5±0.9	0.76±0.12
相関関係 (n=12)						
$[T_{1P}+T_R]$ 穂数		-0.20	0.12	-0.26	-0.41	0.22
補償穂数		0.53	-0.06	0.68*	0.33	0.05

平均値±標準偏差。

*, ** は、それぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す。



第4図 葉身の窒素含有率と $[T_{1P} + T_R]$ 穂数との関係。

バンドウワセ アサカゼコムギ 農林61号
 密度 150 ● ▲ ■
 300 ○ △ □
 **: 1%水準で有意

た。また、窒素及びカリウム含有率と $[T_{1P} + T_R]$ 穂数との間には正の相関関係が認められた。このうち、葉身の窒素含有率と $[T_{1P} + T_R]$ 穂数との関係を第4図に示すと、両者には密接な正の相関関係が認められた。これらのことから、高密度区では節間伸長期の窒素及びカリウム含有率が低く、主要分げつが凍死した場合でも T_{1P} や T_R が有効化せず減収が著しくなると考えられた。

また、補償穂数は〔葉鞘+稈〕のシュクロース含有率と正の相関があり、アサカゼコムギではシュクロース含量が高く補償穂数が多かった。さらに、主要分げつの被害率が低かった低密度区の農林61号では、〔葉鞘+稈〕のフルクトース含有率が高密度区に比べやや高い傾向がみられた。

考 察

凍霜害は多くの場合、高密度条件で被害が大きいといわれており¹⁸⁾、本研究でも子実収量については同様な結果が得られた。従来の報告⁵⁾では、高密度条件では凍霜害の発生時の群落内気温や茎温は高いが、軟弱徒長しているため凍霜害の被害度が大きいとされている。本研究では、主要分げつの被害率は、農林61号を除いて播種密度による差異に一定の傾向が認められなかった。しかし、分げつ中期以降に出現する T_{1P} 及び T_R の穂数は、3品種共通して低密度区で多く、子実収量に占める比率も高かった。また、低密度区では節間伸長期における窒素、カリウム含有率が高かった。これらのことから、低密度区では、幼穂や稈の伸長が遅い^{8,12)} T_{1P} や T_R が凍霜害被害をまぬがれ、節間伸長期の窒素、カリウム含有率が高いことにより、これらの分げつが有効化し、

収量低下が少なくなったものと考えられた。

一般にコムギでは、凍霜害に対する補償作用が大きく¹³⁾、補償作用に対する多肥¹⁵⁾や追肥^{4,9)}の効果が認められている。その場合、被害発生後に新生する茎よりもすでに出現している高次分げつが有効化し収量に寄与する程度が大きい¹⁰⁾といわれている。本研究の高密度区では節間伸長期の窒素、カリウム含有率が低く、主要分げつが凍死しても T_{1P} や T_R が有効化せず補償作用が極めて小さかった。これらのことから、凍霜害による減収を回避するためには、高播種密度を避けるべきであると考えられた。

一方、農林61号では、他の2品種と異なり、主要分げつの被害率が高密度区で高かった。凍霜害は幼穂長20mmまでは幼穂の生育が進んでいるほど被害が大きい¹⁴⁾こと、耐寒雪性の品種間差が非構造的炭水化物やフルクタン蓄積と密接な関係がある¹⁹⁾ことが報告されている。本研究では農林61号の高密度区では低密度区より幼穂の生育が進んでいる傾向は認められず、フルクタン含有率はむしろ被害率が大きい高密度区で高かった。また、フルクトース含有率は低密度区で高い傾向が認められたものの、その密度間差異は小さく、農林61号の低密度区で主要分げつの被害率が小さかった原因は明らかでなかった。

謝 辞: 本研究の遂行にあたり農業研究センター企画調整部業務第二科の皆様にご協力頂いた。また、農業研究センター土壌肥料部栄養診断研究室建部雅子氏には糖類の分析について御指導を頂いた。農業環境技術研究所気象管理科気候資源研究室には気象測定値を使わせて頂いた。皆様に厚くお礼申し上げます。

引用文献

1. 安間正虎・小田桂三郎・後閑宗夫 1961. 1958年3月末麦類凍霜害に関する調査研究. 関東東山農試研報 18: 113-148.
2. 青山千明・関 節朗 1985. パラグアイにおける小麦作と凍霜害. 農業技術 40: 552-555.
3. 北原操一・和田道宏・近藤和夫 1981. ムギの作期に関する研究. 第4報 出穂期前後の低温による稔実障害. 東北農業研究. 29: 77-78.
4. 久力 幸・斎藤弘文 1992. 1990年に発生した小麦の凍害について. 東北の農業気象 37: 16-18.
5. 町田 暢・御子柴公人・茅野光正 1964. 大麦の凍霜害に関する研究(第4報). 栽培密度が大麦の微気象に及ぼす影響について. 長野農試研報集 5: 33-39.
6. 水野直治・南 松雄 1980. 硫酸一過酸化水素による農作物中 N, K, Mg, Ca, Fe, Mn 定量のための迅速

- 前処理法. 土肥誌 51:418—420.
7. 村山英樹・内田敏夫・藤岡正美・平城虎男 1989. 中山間地帯における小麦の凍霜害. 山口農試研報 41:18—24.
8. 折坂光臣・神山芳典 1987. 小麦の分けつ体系. 東北農業研究 40:113—114.
9. 鈴木英男 1959. “幼穂凍死型”被害麦の刈取りと追肥対策. 農業技術 14:174—176.
10. 多田 勲・丸山 肇 1954. 麦類の凍害による無効茎の有効化とその収量構成. 農及園 29:1164—1166.
11. 建部雅子・村上 高 1984. 酵素法 (HK/G 6 P-DH) によるテンサイ植物体の糖の定量—採取時期と組織部位による糖含量の差異—. 日作紀 53:113—114.
12. 滝口壮士・野々村利男 1956. 小麦に於ける無効茎の消長. 滋賀農短大報 1:13—15.
13. 田村 猛・船戸忠寿 1960. 春さきの凍霜害に対する麦の補償作用. 農業技術 15:209—212.
14. 田島克巳・佐藤暁子・池永 昇 1980. 麦類の凍霜害対応技術に関する研究 6. 幼穂長及び低温の程度と幼穂凍死率との関係. 日作紀 49(別2):191—192.
15. ———・—————・————— 1982. 麦類の凍霜害対応技術に関する研究 7. 栽培条件と幼穂凍死率及び減収率との関係. 日作紀 51(別2):189—190.
16. 戸田正行 1962. 小麦の冷害に関する研究. 第1報 低温不稔(第1型冷害)の発生機構についての検討. 日作紀 30:241—244.
17. 内島立郎 1978. 麦類の凍霜害 [1]. 被害と発生要因. 農及園 53:545—548.
18. ——— 1978. 麦類の凍霜害 [2]. 被害と発生要因. 農及園 53:653—658.
19. 湯川智行・渡辺好昭 1991. コムギのフルクタン蓄積に関する研究. 第1報 系譜上からみたフルクタン含有率と越冬性. 日作紀 60:385—391.