

II 高温による小麦の減収要因

西尾善太¹⁾・伊藤美環子¹⁾・田引 正¹⁾・中司啓二²⁾・長澤幸一¹⁾・山内宏昭³⁾・広田知良⁴⁾

¹⁾ パン用小麦研究チーム(現 畑作研究領域), ²⁾ 北海道畑輪作研究チーム(現 畑作研究領域),

³⁾ パン用小麦研究チーム(現 研究調整役), ⁴⁾ 寒地温暖化研究チーム(現 生産環境研究領域)

1. はじめに

2010年の6月から9月にかけて、北海道では1946年の地域平均気温の統計開始以来の高温(全道: 平年+2.3℃, 十勝: 平年+2.5℃)を観測し(気象庁, 2010)(図1), 秋まき小麦および春まき小麦の10aあたりの収量は, 313kg, 154kgで, それぞれ平年の65%, 51%となった(農林水産省, 2011)。7月の長雨による穂発芽被害で大幅に減収した2009年と比較しても, 2010年の秋まき小麦の収量は88%, 春まき小麦では82%の収量に留まった。秋まき小麦の収量は1999年以降で最も低く, 春まき小麦は「春よ恋」が主力品種となった2003年以降で最低となった。

北海道における小麦の作付けが始まって以来, これまで, 小麦の安定生産を脅かす要因として, 冬季の積雪下で発生する雪腐病, 開花期以降の多雨・多湿条件下で発生する赤かび病, 主に収穫期前後の降雨によって発生する穂発芽が中心であった。しかしながら, 2010年の高温による減収被害は, 過去の雪腐病, 赤かび病, 穂発芽等の被害と比較しても甚大であった。隣国のロシアにおいても, 2010年7月の観測開始以来の高温により小麦の生産量がおおよそ25%減少し, 小麦の輸出を停止した。今後, もし温暖化が進行すれば, 高温が小麦生産の重大な脅威となる

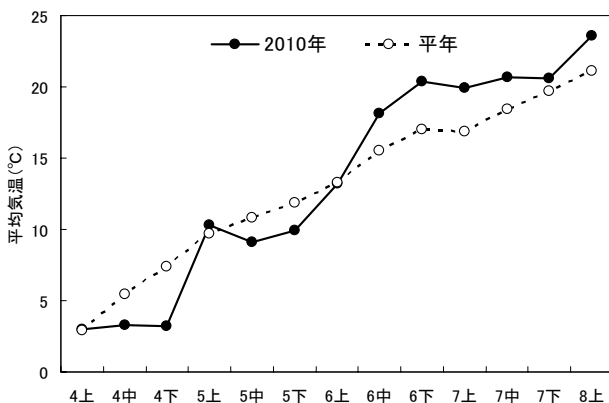


図1 2010年と平年(1997~2010年)の4~8月における旬別平均気温の推移

恐れもある。

本稿では, 北海道の代表的な秋まき小麦品種「ホクシン」および「キタノカオリ」を対象として, 1997~2010年のまでの14年間の生産力検定試験結果について, 生育温度が秋まき小麦の収量構成要素に与える影響を解析した。

2. 材料と方法

1) 生産力検定試験

秋まき小麦品種の「ホクシン」と「キタノカオリ」について, 北海道農業研究センター芽室研究拠点試験圃場(北海道河西郡芽室町)における1997~2010年の14年間の秋まき小麦の生産力検定試験の生育調査および収量調査の結果を解析した。生産力検定試験は, 秋まき小麦の慣行栽培法に従った。9月中旬に播種を行い, 基肥は全層施肥(窒素5kg/10a)とした。播種は, 1999年までは畦幅30cm×4条(255粒/m²)の手播き, 2000年よりプロットドリルシーダー Hege-80(畦幅12.5cm×8条播種)(255粒/m²)を用いて行った。1区面積は4.8m²とし, 各4反復ずつで試験を実施した。11月上旬に雪腐病防除を行い, 融雪後, 硫酸を用いて起生期追肥(窒素6kg/10a)を行い, 5月下旬に赤さび病防除, 出穂期の6月中旬から約10日毎に, 合計3回の赤かび病防除を行った。バインダーにて全畦を収穫し, はさ掛け乾燥後, 脱穀した。生育調査は, 稈長, 穂長, 穂数, 出穂期, 成熟期, 登熟日数を調査した。収量調査は, 収量, 容積重, 千粒重を調査した。なお, 収量は篩を通す前の粗原収量とした。

2) 気象観測データおよび統計解析

1997~2010年の14年間について, 気象庁ホームページの気象統計情報(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)から, 地域気象観測システム(アメダス, 観測地点: 芽室)の気温のデータを利用した。統計解析には, エクセル2003(マイクロソフト社)およびエクセル統計2008(社会情報サービス社)を使用した。

3. 結果および考察

1) 夏季の気温と小麦の収量構成要素の関係

小麦の出穂から成熟までの登熟期間の平均気温と、登熟日数の間には、強い負の相関関係が見られ(ホクシン $r = -0.87$ ($n=14$, $P < 0.01$), キタノカオリ $r = -0.87$ ($n=14$, $P < 0.01$)) (表1, 図2), 登熟期間の平均気温と千粒重の間にも、強い負の相関関係が見られた(ホクシン $r = -0.81$ ($n=14$, $P < 0.01$), キタノカオリ $r = -0.82$ ($n=14$, $P < 0.01$)) (表1, 図3)。一方、登熟日数と千粒重の間には、強い正の相関が見られた(ホクシン $r = 0.74$ ($n=14$, $P < 0.01$), キタノカオリ $r = 0.72$ ($n=14$, $P < 0.01$)) (表1, 図4)。「ホクシン」, 「キタノカオリ」とともに、登熟期間の平

均気温が1℃上昇すると、登熟期間は約2.6日短縮し、千粒重は、「ホクシン」が約2.2g, 「キタノカオリ」が約1.9g減少した。登熟日数が1日短縮すると、千粒重は、「ホクシン」が約0.62g, 「キタノカオリ」が約0.56g減少した。1997~2010年の十勝地方の秋まき小麦の10aあたりの収量(製品単収)(農林水産省, 2011)は、十勝地方中央部に位置する帯広市の7~8月の平均気温と有意な負の相関を示した(図5)。高温による千粒重の低下、つまり、子実の小粒化は、篩選別および調整後の製品収量の低下と密接に関わることから、登熟期から収穫期にあたる7~8月の平均気温が、十勝産小麦の製品単収に大きく影響したと考えられた。一方、生産力検定試験における、

表1 秋まき小麦品種「ホクシン」および「キタノカオリ」における稈長、穂長、穂数、容積重、千粒重、子実重、登熟日数と、旬別および登熟期間の平均気温の相関係数(1997~2010年産 北農研芽室研究拠点) ($n = 14$, * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$)

平均気温	ホクシン							キタノカオリ						
	稈長	穂長	穂数	容積重	千粒重	子実重	登熟日数	稈長	穂長	穂数	容積重	千粒重	子実重	登熟日数
4月上	0.03	-0.14	0.07	-0.20	0.44	0.18	0.15	0.14	0.14	-0.07	-0.31	0.06	0.14	0.07
4月中	-0.62*	-0.50	-0.33	-0.07	0.49	-0.06	0.37	-0.39	-0.39	-0.25	-0.06	0.36	-0.14	0.35
4月下	-0.50	-0.24	-0.43	0.35	0.37	-0.15	0.33	-0.23	0.10	-0.60*	0.21	0.42	0.03	0.48
5月上	0.15	-0.05	0.00	-0.45	0.43	-0.10	0.22	0.20	-0.05	-0.06	-0.24	0.27	-0.16	0.24
5月中	-0.39	-0.62*	-0.12	-0.16	0.17	-0.29	0.21	-0.27	-0.28	-0.03	-0.08	0.28	-0.32	0.09
5月下	-0.52	-0.68**	-0.44	0.15	0.44	-0.41	0.24	-0.42	-0.83**	-0.38	0.37	0.51	-0.53	0.05
6月上	-0.22	0.18	0.11	0.15	0.10	0.42	0.14	-0.30	-0.39	0.32	0.42	-0.01	0.20	0.06
6月中	-0.15	0.23	-0.21	0.28	-0.31	0.25	-0.55	-0.32	-0.03	-0.14	0.33	-0.28	-0.03	-0.49
6月下	0.52	0.38	0.36	-0.30	-0.69**	0.07	-0.52	0.34	0.35	0.40	-0.37	-0.69**	0.08	-0.55
7月上	0.32	-0.11	0.28	-0.46	-0.08	-0.02	-0.32	0.31	0.21	0.18	-0.50	-0.32	-0.08	-0.50
7月中	0.02	-0.12	-0.01	-0.01	-0.38	-0.22	-0.53	-0.13	-0.20	-0.02	-0.16	-0.38	-0.27	-0.63*
7月下	-0.17	0.07	-0.11	-0.12	-0.52	-0.19	-0.61*	-0.21	0.02	-0.13	-0.11	-0.54*	-0.22	-0.61*
8月上	0.31	0.43	0.16	-0.03	-0.50	-0.05	-0.44	0.23	0.10	0.11	0.10	-0.28	-0.04	-0.30
登熟期間	0.46	0.42	0.31	-0.11	-0.81**	0.10	-0.87**	0.17	0.38	0.28	-0.24	-0.82**	0.04	-0.87**

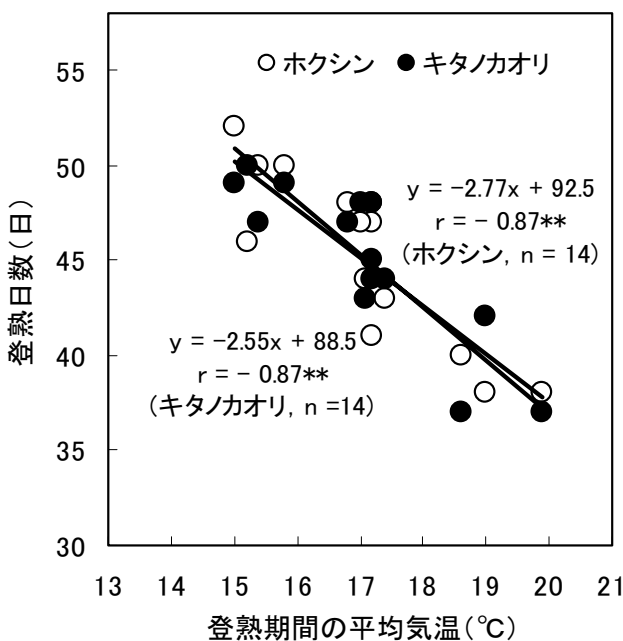


図2 秋まき小麦品種「ホクシン」と「キタノカオリ」の登熟期間の平均気温と登熟日数の関係(1997~2010年 北農研芽室研究拠点) (** $P < 0.01$)

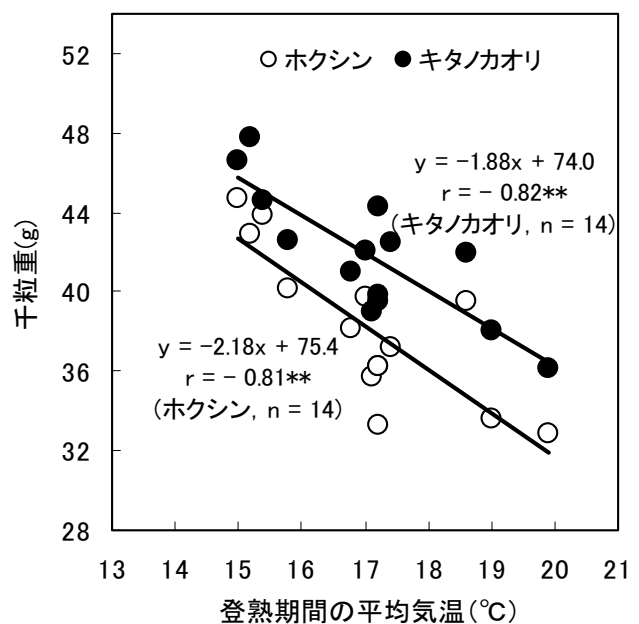


図3 秋まき小麦品種「ホクシン」と「キタノカオリ」の登熟期間の平均気温と千粒重の関係(1997~2010年 北農研芽室研究拠点) (** $P < 0.01$)

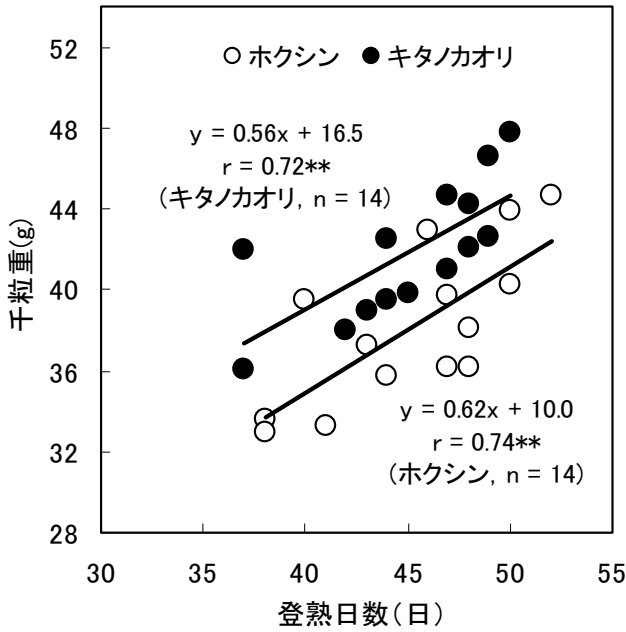


図4 秋まき小麦品種「ホクシン」と「キタノカオリ」の登熟日数と千粒重の関係 (1997~2010年 北農研芽室研究拠点) (** P < 0.01)

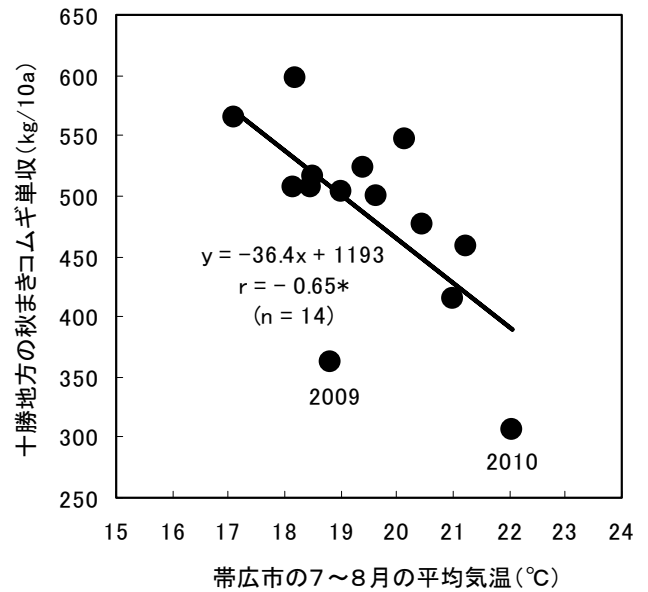


図5 帯広市の7~8月の平均気温と十勝地方の秋まき小麦の製品単収の関係 (1997~2010年) (* P < 0.05)

篩による選別・調整を行わない子実重(粗原収量)と、穂長および穂数の間には、両品種で有意な正の相関が見られたものの、子実重(粗原収量)と登熟期間の平均気温との間には有意な相関は見られず、登熟期間の平均気温と容積重との間にも有意な相関は認められなかった(表2)。

中津ら(2006)は、2002~2004年の十勝地方の「ホクシン」について解析した結果、登熟期の平均気温が高いほど、千粒重が低下する傾向を報告している。また、高温によって、小麦の登熟期間が短縮し、千粒重が低下することは、海外においても同様に報告されている(GIBSON and PAULSEN 1999; MODARRESI *et al.*, 2010)。「キタノカオリ」の親として、晩生のヨーロッパ品種「GK Szemes」が交配されており、「キタノカオリ」は「ホクシン」と比較して、出穂期および成熟期が約5日遅い。登熟中の平均気温と登熟日数の関係については、「ホクシン」と「キタノカオ

リ」はほぼ同様の関係(気温1℃の上昇で、約2.6日の短縮)を示したが、気温1℃の上昇による千粒重の低下は、「ホクシン」が約2.2g、「キタノカオリ」が約1.9gで、「キタノカオリ」が若干少なかった。また、両品種の千粒重の平均は、「ホクシン」が38.2g、「キタノカオリ」が41.8gで、「キタノカオリ」は「ホクシン」よりも約3g大きいことから、「キタノカオリ」の方が、高温条件下における製品歩留の低下が少ないと見られる。実際に、記録的な高温となった2010年の千粒重は、両品種とも過去14年間で最低となったが、「ホクシン」は32.9g、「キタノカオリ」は36.1gで、「キタノカオリ」の方が3g以上大きかった。北海道における2010年産の1等麦比率は、「ホクシン」の49.8%に対して、「キタノカオリ」は69.2%、品質ランク区分のAランクの比率は、「ホクシン」の28.7%に対して、「キタノカオリ」は98.2%であった(久保ら, 2011)。海外では、高温条件下

表2 秋まき小麦品種「ホクシン」および「キタノカオリ」における稈長、穂長、穂数、容積重、千粒重、子実重、登熟日数の相関係数 (1997~2010年産 北農研芽室研究拠点) (n = 14, * P < 0.05; ** P < 0.01)

	ホクシン						キタノカオリ					
	穂長	穂数	容積重	千粒重	子実重	登熟日数	穂長	穂数	容積重	千粒重	子実重	登熟日数
稈長	0.66**	0.80**	-0.29	-0.37	0.29	-0.08	0.56*	0.60*	-0.40	-0.18	0.49	0.15
穂長	-	0.66*	0.04	-0.58	0.62*	-0.25	-	0.43	-0.31	-0.48	0.61*	0.04
穂数		-	-0.05	-0.26	0.64*	0.10		-	-0.08	-0.42	0.71**	-0.03
容積重			-	0.22	0.43	0.10			-	0.39	0.29	0.19
千粒重				-	-0.03	0.74*				-	-0.20	0.72**
子実重					-	0.05					-	0.25

で千粒重の低下が少ない系統を選抜することによって、高温耐性の改良効果が報告されており (SHARMA *et al.*, 2008)。今後、北海道においても同様の選抜効果が得られるかどうか、調査を進める必要がある。

2) 春季の気温と小麦の収量構成要素の関係

4月中旬の平均気温と「ホクシン」の稈長の間には有意な負の相関が見られ ($r = -0.62$ ($n=14$, $P < 0.05$)) (表1, 図6), 4月下旬の平均気温と「キ

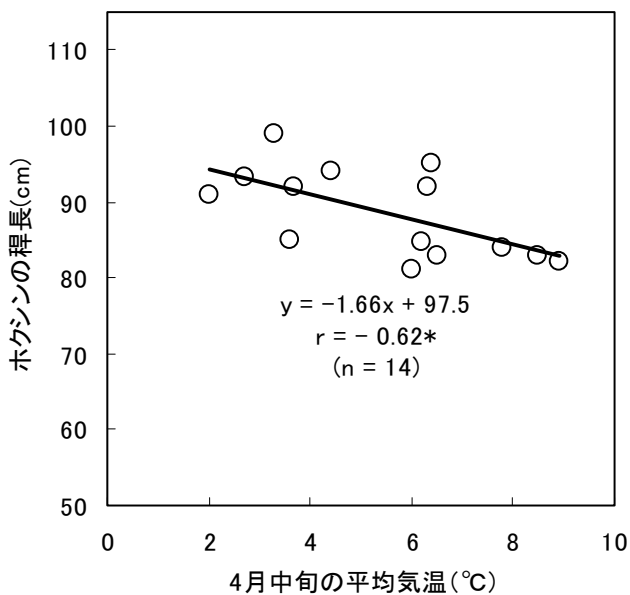


図6 4月中旬の平均気温と秋まき小麦品種「ホクシン」の稈長の関係 (1997~2010年 北農研芽室研究拠点) (* $P < 0.05$)

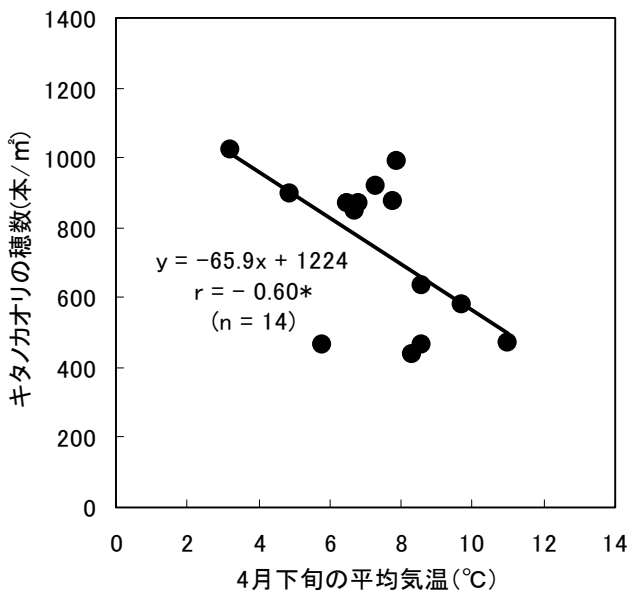


図7 4月下旬の平均気温と秋まき小麦品種「キタノカオリ」の穂数の関係 (1997~2010年 北農研芽室研究拠点) (* $P < 0.05$)

タノカオリ」の穂数の間に有意な負の相関が見られた ($r = -0.60$ ($n=14$, $P < 0.05$)) (表1, 図7)。また、5月下旬の平均気温と穂長の間には、両品種とも有意な負の相関が見られ (表1), 気温が1℃上昇すると、穂長は、「ホクシン」が約2.6mm, 「キタノカオリ」が約4.3mm減少した (ホクシン $r = -0.68$ ($n=14$, $P < 0.01$)), キタノカオリ $r = -0.83$ ($n=14$, $P < 0.01$)) (図8)。品種によって若干反応が異なるが、4月中~下旬の低温は、稈の伸長と穂数の増加を促進し、5月下旬の低温は穂の生長を促進した。2010年4~5月の気温は、平年よりもかなり低めに推移した (4月: 平年 -2.0°C , 5月: 平年 -1.0°C) (図1)。このため、稈長は、「ホクシン」が14年間の平均比 (以下平均比) $+10.5\text{cm}$, 「キタノカオリ」が平均比 $+7.4\text{cm}$, 穂長は、「ホクシン」が平均比 $+6.0\text{mm}$, 「キタノカオリ」が平均比 $+4.0\text{mm}$, 穂数は、「ホクシン」が平均比 $+230\text{本}/\text{m}^2$, 「キタノカオリ」が平均比 $+283\text{本}/\text{m}^2$ で、平年に比べて同化産物蓄積部位が大きかった。一方、千粒重と最も負の相関の強い6月下旬の平均気温は、2010年は、平均比 $+3.4^{\circ}\text{C}$ とかなり高く (図1), 両品種の千粒重は14年間で最低となった。2010年4~5月の低温による養分蓄積部位の生長促進と、6月以降の高温による登熟日数の短縮の組合せが、著しい小粒化を引き起こし、大幅な減収をもたらしたと考えられた。

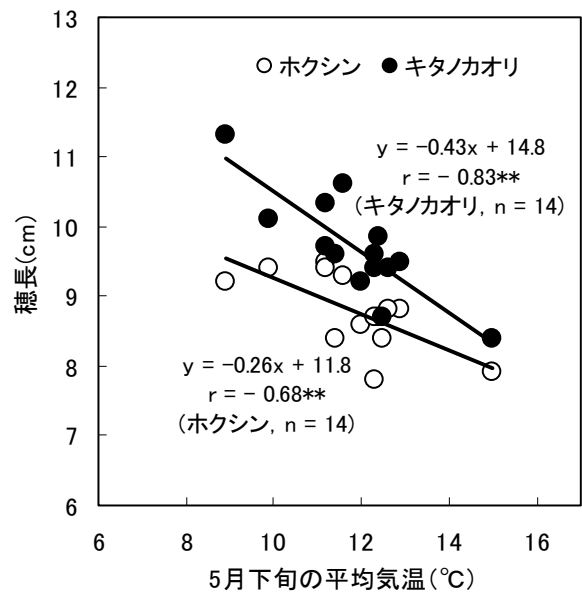


図8 5月下旬の平均気温と秋まき小麦品種「ホクシン」および「キタノカオリ」の穂長の関係 (1997~2010年 北農研芽室研究拠点) (** $P < 0.01$)

表3 芽室町における月別の平均気温と秋まき小麦の登熟期間の平均気温の相関係数 (1997~2010年)
(n = 14, * P<0.05; ** P < 0.01)

	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	登熟期間
1月	0.72**	-0.21	-0.37	-0.07	0.23	0.10	0.25	0.04	-0.32	0.16	0.25	0.23
2月	-	0.25	-0.18	0.03	-0.06	-0.05	0.10	0.06	-0.12	0.33	0.31	-0.06
3月	-	-	0.42	0.16	-0.69**	-0.22	-0.41	-0.01	0.29	-0.29	0.19	-0.46
4月	-	-	-	0.07	-0.53	-0.17	-0.83**	-0.31	0.20	-0.27	-0.40	-0.61*
5月	-	-	-	-	-0.24	0.07	0.00	-0.10	-0.08	-0.38	-0.32	-0.39
6月	-	-	-	-	-	0.22	0.51	0.26	-0.02	0.14	0.03	0.51
7月	-	-	-	-	-	-	0.20	0.25	-0.10	0.09	0.01	0.71**
8月	-	-	-	-	-	-	-	0.73**	0.24	0.05	0.23	0.43
9月	-	-	-	-	-	-	-	-	0.70	-0.16	0.23	0.21
10月	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.35	-0.14	-0.29
11月	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.43	0.34
12月	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.40

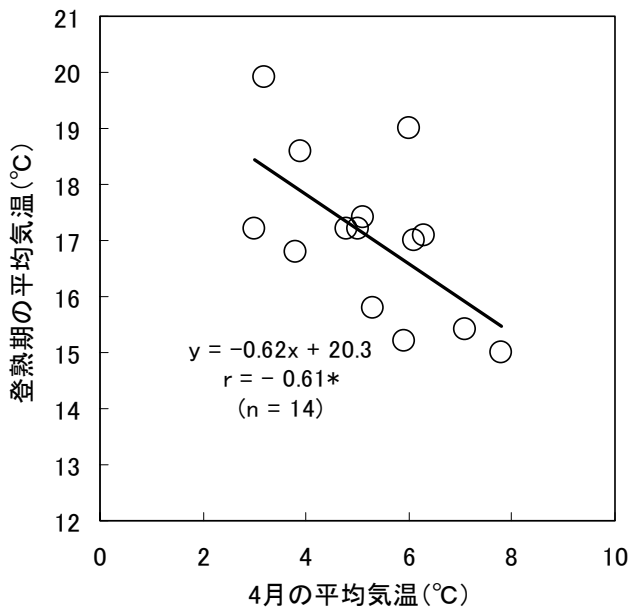


図9 4月の平均気温と秋まき小麦の登熟期間の平均気温の関係 (1997~2010年) (* P<0.05)

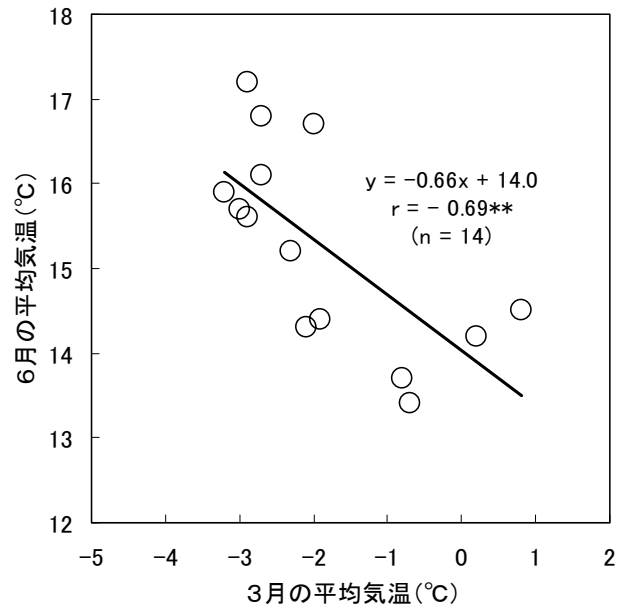


図10 3月と6月の平均気温の関係 (1997~2010年) (** P < 0.01)

3) 春季と夏季の気温の相関関係

1997~2010年の14年間の月別の平均気温の相関解析の結果を表3に示した。4月の平均気温と、秋まき小麦の登熟期間の平均気温との間には、有意な負の相関が見られた ($r = -0.61$ ($n=14$, $P<0.05$)) (図9)。3月の平均気温と6月の平均気温 ($r = -0.69$ ($n=14$, $P<0.01$)) (図10), および4月の平均気温と8月の平均気温 ($r = -0.83$ ($n=14$, $P<0.01$)) (図11)の間にも、それぞれ有意な負の相関が見られた。一方、1月と2月、8月と9月の気温の間には、それぞれ有意な正の相関が見られた ($r=0.72$ ($n=14$, $P<0.01$); $r=0.73$ ($n=14$, $P<0.01$))。

4~5月の気温は、秋まき小麦の稈長、穂長、穂数等の同化産物蓄積部位と有意に関係しており、特に4~5月が低温の年は、同化産物蓄積部位が増え

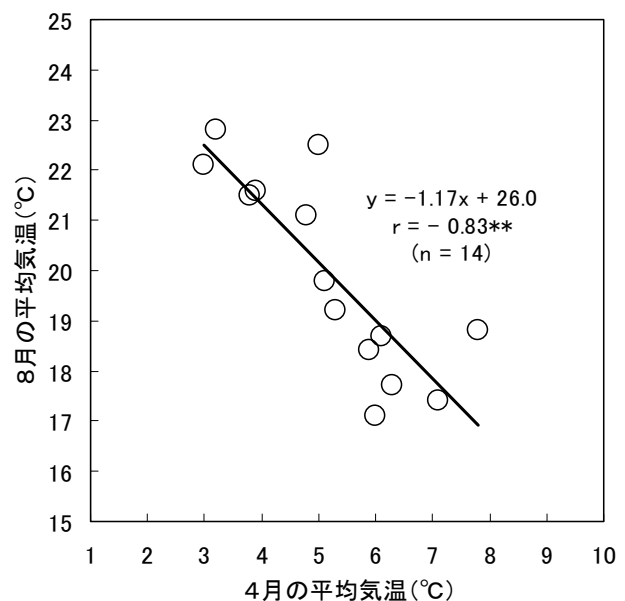


図11 4月と8月の平均気温の関係 (1997~2010年) (** P < 0.01)

る傾向がある。一方、春季と夏季の気温の間には有意な負の相関があることから、春季が低温の年は、統計的に夏季が高温になる可能性が高く、そのような年は、著しい子実の充実不良が発生する恐れがある。従って、今後も同様の気象パターンが継続すると仮定すると、春季が低温の年は、夏季の高温に対する警戒が必要となる。

4. 今後の研究について

本解析の結果、高温による登熟期間の短縮と、それに伴う千粒重の低下が、小麦の高温被害の主要因であることを示した。また、近年の北海道地方の春季と夏季の気温の間には、有意な負の相関が見られることから、春季が低温の年は、夏季の高温に対して特段の注意が必要であることを示した。

KANNO (2004) は、北日本(北海道・東北地方全体)の夏季気温が1980年代から5年周期で変動をしていることを報告している。また、菅野(2011)は、4月と8月の平均気温の負の相関関係について、1998年以降、北日本全体において高い相関が認められること、この要因として、4月の偏西風の変動が8月まで影響を及ぼすようになったことを挙げている。すなわち、1998年以降の4月の亜熱帯ジェット気流の強弱(東西流・南北流パターン)が8月にも維持されるようになり、4月と8月の気温の負の相関が明瞭になったと解析している。前述のように、十勝地方の秋まき小麦の単収と、帯広市の夏季の平均気温との間には、有意な負の相関が見られるが、春季と夏季の平均気温の負の相関により、帯広市の4月の平均気温と、十勝地方の秋まき小麦の単収との間には、比較的強い正の相関が見られた($r=0.57$, $n=14$, $P=0.057$)。しかしながら、今後もこのような関係が継続するののかについては、さらに解析が必要である。

2010年産の秋まき小麦は、収量の低下にともない、タンパク含量および灰分が基準値を上回る割合が高く、「ホクシン」では、タンパク含量が基準値を上回るものが72.6%、灰分が基準値を上回るものが73.9%、「キタノカオリ」では、タンパク含量が基準値を上回るものが3.7%、灰分が基準値を上回るものが83.0%であった(久保ら, 2011)。今後は、高温が小麦の品質に与える影響の詳細な解析とともに、高温下でも登熟期間の短縮しにくい遺伝資源の探索や、その育種への利用、また、高温下でも小麦の登

熟期間を延長できる植物生長調節剤の開発、等の考えられる対策について、さらに研究を進める必要がある。

5. 摘要

北海道では、2010年の夏季に統計開始以来の高温を観測し、秋まき小麦の収量が平年の65%に低下する大きな被害を受けた。このため、秋まき小麦品種「ホクシン」(軟質小麦)および「キタノカオリ」(硬質小麦)の収量構成要素と、生育温度の関係について、1997~2010年の14年間の結果を解析した。登熟期間の平均気温と、登熟日数(出穂から成熟までの日数)および千粒重の間には、強い負の相関が見られ、気温1℃の上昇によって、登熟日数は、両品種とも約2.6日短縮し、千粒重は、「ホクシン」が約2.2g、「キタノカオリ」が約1.9g減少した。5月下旬の平均気温と穂長の間には、両品種とも有意な負の相関が見られ、気温1℃の上昇によって、穂長は、「ホクシン」が約2.6mm、「キタノカオリ」が約4.3mm減少した。1997~2010年の月別平均気温の解析の結果、3月と6月および4月と8月の平均気温の間に有意な負の相関が見られ、4月の平均気温と、秋まき小麦の登熟期間の平均気温との間にも有意な負の相関が認められた。近年の北海道の春季と夏季の気温の間には、有意な負の相関が認められることから、今後も同様の気象パターンが継続すると仮定すると、春季が低温の年は、夏季の高温に対する警戒が必要となる。

6. 引用文献

- 1) GIBSON, L.R. and G.M. PAULSEN (1999) : Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop Sci.*, 39, 1841-1846.
- 2) KANNO, H. (2004) : Five-year cycle of north-south pressure difference as an index of summer weather in northern Japan from 1982 onwards. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 82, 711-724.
- 3) 菅野洋光 (2011) : 北日本における1998年以降の4月と8月気温の強い負の相関関係について。日本農業気象学会2011年全国大会講演要旨, 50.
- 4) 気象庁 (2010) : 2010年夏(6~8月)の天候.

- 気象庁発表資料, (平成22年9月1日), 1-23.
(<http://www.jma.go.jp/jma/press/1009/01c/tenko100608.html>)
- 5) 久保勝照、武田尚隆、松原昭美、森 久夫、中道浩司 (2011): 2010年産小麦の総括. 北海道米麦改良, 70, 1-5.
- 6) MODARRESI, M., V. MOHAMMADI, A. ZALI and M. MARDI (2010): Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. *Cereal Res. Comm.*, 38, 23-31.
- 7) 中津智史、松永 浩、沢口 敦史 (2006): 北海道十勝地域におけるコムギ子実品質の実態. 日本作物学会紀事, 75, 487-491.
- 8) 農林水産省 (2011): 2010年産4麦の収穫量 (第2報). 農林水産統計 (平成23年3月18日発表), 1-18.
(http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/pdf/syukaku_4mugi2_10.pdf)
- 9) SHARMA, R.C., A.K. TIWARY, G. and ORTIZ-FERRARA (2008): Reduction in kernel weight as a potential selection criterion for wheat grain yield under terminal heat stress. *Plant Breed.*, 127, 241-248.

II Analysis of Reduction in Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) due to High Summer Temperatures in Hokkaido in 2010

Zenta NISHIO¹⁾, Miwako ITO¹⁾, Tadashi TABIKI¹⁾, Keiji NAKATSUKA²⁾, Koichi NAGASAWA¹⁾,
Hiroaki YAMAUCHI³⁾ and Tomoyoshi HIROTA⁴⁾

¹⁾Bread Wheat Research Team (Upland Farming Research Division), ²⁾Upland Farming Research Team (Hokkaido Region) (Upland Farming Research Division), ³⁾Bread Wheat Research Team (Senior Research Coordinator), ⁴⁾Climate and Land-use Change Research Team (Agro-environmental Research Division)

Summary

In 2010, a record-setting high summer temperature occurred in Hokkaido, and the yield of winter wheat was reduced to 65% of that in an average year. Thus, responses of yield components to temperature were analyzed for winter wheat cultivars 'Hokushin' (soft red winter) and 'Kitanokaori' (hard red winter) during the past 14 years (1997-2010). The length of the grain filling stage and thousand grain weight showed significant negative correlation with the mean temperature during grain filling stage. For a 1 °C temperature rise, the length of the grain filling stage was shortened by about 2.6 days for both cultivars, and the thousand grain weight was reduced by about 2.2 g for 'Hokushin' and 1.9 g for 'Kitanokaori'. The mean temperature in late May showed significant negative correlation with spike length of both cultivars. For a 1 °C temperature rise, spike length was shortened by 2.6 mm for 'Hokushin' and by 4.3 mm for 'Kitanokaori'. Results of correlation analysis of the mean monthly temperatures during the period from 1997 to 2010 indicated the existence of significant negative correlations between mean temperature in April and mean temperature during the grain filling stage, between March and June and between April and August. Countermeasures for high summer temperature are required when spring is colder than average due to the negative correlations between seasonal temperatures.