

栃木県那須地方におけるビールオオムギ生産の問題点と技術的改善方向

五月女敏範^{1,2)}・藤田正好³⁾・郡司陽³⁾・小川雄大³⁾・白石淳夫³⁾・小林俊一¹⁾・高橋行継⁴⁾・吉田智彦⁴⁾

(¹⁾ 栃木県農業試験場栃木分場, (²⁾ 東京農工大学大学院連合農学研究科, (³⁾ 那須野農業協同組合, (⁴⁾ 宇都宮大学農学部)

要旨：原麦粗タンパク質含量の高いビールオオムギ生産が指摘されている栃木県那須地方において、ビールオオムギの高品質安定生産を目指し、生産現場の課題を調査した。はじめに、オオムギ縞萎縮病について調査を行った結果、その発生率は63.0%（抵抗性品種を除くと70.5%）と蔓延化していることが判明した。オオムギ縞萎縮病を回避し、収量および原麦粗タンパク質含量の安定のためには、スカイゴールデン等抵抗性品種の作付けを進める必要があると考えられた。次に、生産者履歴等を解析した結果、原麦粗タンパク質含量は播種期や収穫期と正の相関、リン酸施用量と負の相関が認められ、収量はpH改良資材施用、茎立期前の麦踏の実施等により向上することが明らかとなった。加えて、適期播種、リン酸改良資材やpH改良資材の施用等の基本技術の励行は約半分程度しか行われていないことが判明し、その結果、原麦粗タンパク質含量、子実重等のばらつきが大きくなり、また原麦粗タンパク質含量の高いビールオオムギ生産の原因となる可能性が考えられた。その改善と安定した生産の確保には、適期播種、リン酸改良資材やpH改良資材の施用、茎立期前の麦踏等の励行が必要である。

キーワード：オオムギ, オオムギ縞萎縮病, タンパク質含量, ビールオオムギ.

ビールオオムギは、ビールの主原料として用いられ、契約栽培にて生産が行われている。そのため、安定した収量と実需者の望む高品質のものを生産する必要がある。その実現には基本技術の励行が重要である。現在、ビールオオムギ品質のうち、最重要項目は原麦粗タンパク質含量で、2001年産以降従来の適正範囲9.5～11.5%から10.0～11.0%と幅が狭められ、2003年には買入条件の受入品質基準の中の前麦粗タンパク質含量は9.0～12.0%とされている（栃木県農務部2003a）。

国内ビールオオムギの約4割を生産している栃木県においては、2005年産より新品種スカイゴールデンがビールオオムギ契約対象品種（佐々木1990）に指定され、本格的な生産が開始された（栃木県農務部2005）。しかし、スカイゴールデンは原麦粗タンパク質含量が高くなりやすい欠点を持つこと（谷口ら2001）から、以後12.0%を超える原麦粗タンパク質含量の高いもの等受入基準外（12.0%超または9.0%未満）の生産を減少させるために、過去4年のうち3回受入基準外となった生産者は、以後ビールオオムギの栽培ができないと取り決めがされている。

一方、栃木県の北部に位置する那須地方は、栃木県におけるビールオオムギ契約栽培の始まった1906年からその生産が開始され、稲作転換対策（1971）以降、県南両毛地区に次ぐ第2のビールオオムギ主産地として、栃木県のビールオオムギ生産上大きな役割を果たしてきている。この那須地方産ビールオオムギは、原麦粗タンパク質含量の調査が始まった2003年以降、栃木県内9地方の中で、常に受入基準外の高い原麦粗タンパク質含量（12.0%超）の生産者の割合が高いことが指摘されている（注：栃木県ビール麦協議会2005。ビール大麦生産・品質対策研修会資料）。

また、那須地方で主力品種として作付けされているなす二条は、オオムギ縞萎縮病抵抗性品種（寺村ら1990）として導入されたが、その後の調査でオオムギ縞萎縮ウイルス系統I型およびIV型に罹病することが明らかになっている（河田・五月女1998, 五月女ら2010）。ビールオオムギは、オオムギ縞萎縮病に罹病すると著しい減収に加えて原麦粗タンパク質含量の上昇など醸造用品質の低下を招くことが知られている（氏原ら1984, 渡辺ら1995）。しかし、那須地方におけるオオムギ縞萎縮病の詳細な発生状況は、明らかとなっていなかった。加えて、那須地方におけるビールオオムギ栽培における基本技術として、水田輪作（ビールオオムギ連作3作まで）、適期（10月21日～11月5日）播種、適肥栽培（窒素成分で6.0～7.2 kg/10 a）、土づくり（pH改良資材、リン酸改良資材の施用）、麦踏（年内1～2回、年明け2回以上）、明渠・深耕等の湿害対策の励行が推奨されているが、その実施状況も不明であった。

そこで、那須地方のビールオオムギの高品質安定生産を図るために、オオムギ縞萎縮病の発生状況、栽培の実態および原麦粗タンパク質含量等について調査を行い、ビールオオムギ生産における課題を検索し、改善方向を検討した。

材料と方法

1. オオムギ縞萎縮病の発生状況

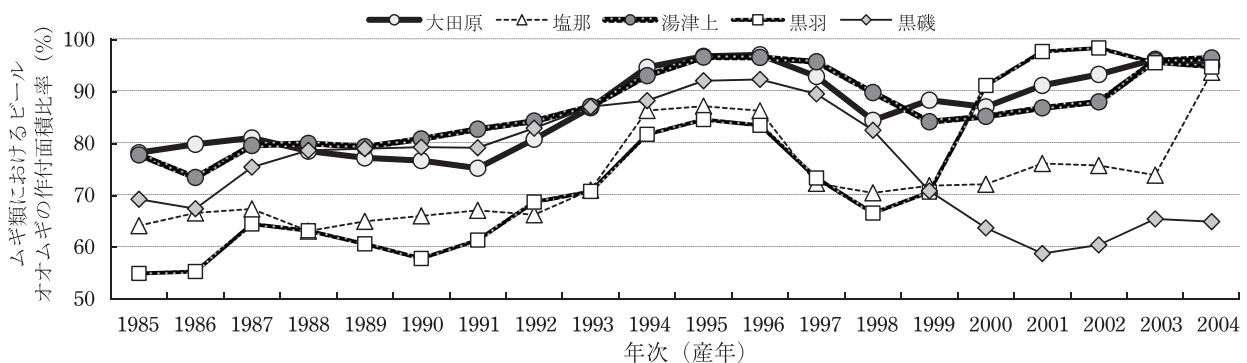
調査は、2005年3月28日～4月27日に、那須地方でビールオオムギの作付けの少ない那須町を除いた大田原市、那須塩原市を集荷単位である大田原市大田原地区（以下、大田原）、那須塩原市塩原・西那須野地区（同、塩那）、大田原市湯津上地区（同、湯津上）、大田原市黒羽地区（同、黒羽）、那須塩原市黒磯地区（同、黒磯）（以上作付面積順）

第1表 那須地方におけるオオムギ縞萎縮病の発生状況調査結果。

地区	調査 圃場数 (筆)	作付面積 A (ha)	罹病性品種面積		オオムギ縞萎縮病発生面積			うち多発生面積		
			B (ha)	B/A (%)	C (ha)	C/A (%)	C/B (%)	D (ha)	D/B (%)	D/C (%)
大田原	2546	1095	985	90.0	799	73.0	81.1	504	51.2	63.1
塩那	1010	253	253	100.0	130	51.4	51.4	80	31.6	61.5
湯津上	900	203	143	70.4	120	59.1	83.9	80	55.9	66.7
黒羽	690	164	164	100.0	52	31.7	31.7	35	21.3	70.0
黒磯	205	80	60	75.0	30	37.5	50.0	15	25.0	50.0
計	5351	1795	1605	89.4	1131	63.0	70.5	714	44.5	63.1

2005 年産。

那須地区はビールオオムギの作付けが少ないため、調査から除いた。



第1図 那須地方各地区のムギ類におけるビールオオムギ作付面積率の推移。

麦の生産振興方針、麦作推進資料（栃木県農務部 1986～2005）から抜粋。

に分けて、圃場1筆ごとにオオムギ縞萎縮病特有の黄化症状およびモザイク病斑の有無により、オオムギ縞萎縮病の発生を判断した。発生の判断は、明らかにオオムギ縞萎縮病により黄化し被害を受けている圃場は‘発生’（罹病圃場）、黄化が認められない場合には圃場に入り、オオムギ縞萎縮病によるモザイク症状（農文協 1987）の発生が確認できた場合には同様に‘発生’とした。作付けされている品種のうち、スカイゴールデンは全てのオオムギ縞萎縮ウイルス系統に抵抗性であるため（五月女ら 2010）、オオムギ縞萎縮病の発生の確認ができない。このため、モザイク症状が確認できなかった場合には、スカイゴールデンか他品種の無発病かを区別するため、葉耳、節および葉鞘のアントシアンの着色の有無を確認し、着色がない場合には‘スカイゴールデン’、着色が認められたときには他品種の‘発病無し’と判断した。発生とした圃場は、発病面積や発病状況により‘多’（圃場の3/4以上の面積でオオムギ縞萎縮病による黄化、萎縮、穂数の減少等が発生）と‘少’（その他）に分けた。なお、作付けされている品種は、スカイゴールデンを除きあまぎ二条が0.1%、他はなす二条であったが（栃木県農務部 2005）、分類上は‘罹病性品種’とした。

2. 生産現場における栽培技術の実態と課題

栽培技術の肥培管理等を記した生産者履歴、収量、原麦粗タンパク質含量データの確認が可能な塩那（2004 年産）126 名および湯津上（2005 年産）109 名について、播種期、収穫期、堆肥施用量、pH 改良資材（資材名：苦土炭カル）の施用量、リン酸改良資材（同：熔燐）施用量、麦踏（総回数および茎立期前の麦踏の有無）等主な肥培管理および湿害の有無と、原麦粗タンパク質含量、子実重、整粒重、整粒歩合との関係を調査した。生産者履歴は、原則として各生産者の栽培面積が2 ha 以下では1枚を作成し、2 ha を超えた場合や作付け品種が異なる場合、極端に生育が違った場合には、それに応じて別個に作成した。堆肥施用量と湿害の有無は、塩那のみで調査し、湿害の有無は生産者の達観により、全体の生育、収量に影響を及ぼさないものは‘無し’とし、影響が出ると思われたものは程度の多少に関わらず‘有り’とした。子実重は、生産者が共同乾燥調製施設（カントリーエレベーターおよびライスセンター）に搬入した未調製品の重量を水分12.0%の重量に補正し、耕作者台帳に申請した栽培面積で除して子実重とした。また、搬入時に約500 g を調査用としてサンプリングし、水分約12%に乾燥させた後、2.5 mm の縦目篩にてふるい分けし、整粒歩合を算出すると共に、整粒について近赤外分

第2表 塩那地区および湯津上地区における各調査項目の基本統計量.

地区名		粗タンパク質含量	子実重	整粒重	整粒歩合	播種期	収穫期	堆肥	麦踏総回数	茎立期前の麦踏	リン酸改良資材	pH改良資材	総施用量 (kg/10 a)		
		(%)	(kg/10 a)	(kg/10 a)	(%)	(月 / 日)	(月 / 日)	(t)	(回)	(回)	(kg/10 a)	(kg/10 a)	窒素	リン酸	加里
塩那	n	117	126	126	126	123	120	123	123	123	123	123	117	119	117
(2004年)	平均	10.5	303.9	214.0	70.8	10/31	6/4	0.32	1.7	0.4	57.0	45.0	7.5	22.1	8.9
	最小	8.1	63.4	47.6	37.4	10/17	5/27	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.1	2.8
	最大	13.7	614.7	409.7	93.7	12/2	6/15	4.00	4.0	2.0	200.0	200.0	12.6	54.4	22.9
	標準偏差	1.3	104.7	78.6	10.9	7.5	3.5	739.0	1.0	0.6	46.5	50.4	1.9	10.0	3.1
	変動係数	0.12	0.34	0.37	0.15	0.53	0.44	2.33	0.56	1.39	0.82	1.12	0.26	0.46	0.34
湯津上	n	109	108	108	107	102	65	—	102	101	102	102	91	91	91
(2005年)	平均	10.6	373.3	315.7	84.4	11/6	6/10	—	1.9	0.5	35.0	56.0	5.9	16.3	6.7
	最小	7.5	121.0	91.7	60.4	10/23	6/4	—	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	最大	13.5	598.3	539.1	96.0	12/16	6/22	—	4.0	1.0	140.0	120.0	13.6	32.2	12.6
	標準偏差	1.3	99.7	88.1	7.1	8.8	3.5	—	1.0	0.5	40.9	40.9	3.1	8.4	3.6
	変動係数	0.12	0.27	0.28	0.08	0.63	0.59	—	0.53	1.08	1.18	0.73	0.53	0.51	0.54

リン酸改良資材は、熔燐。pH改良資材は、苦土炭カル。

第3表 塩那地区における主な肥培管理等による原麦粗タンパク含量、子実重、整粒重、整粒歩合の差.

項目	群分け	生産者数 (名)	実施率および発生率 (%)	平均	原麦粗タンパク質含量 (%)	子実重 (kg/10 a)	整粒重 (kg/10 a)	整粒歩合 (%)	備考
播種期	適期	107	87.0	10月28日	10.3	307	212	69.4	11月5日迄
	遅播	16		11月15日	11.4	287	226	79.2	11月6日以降
					-1.1**	20	-14	-9.8**	
堆肥	施用	23	18.7	1.7 ¹⁾	10.9	326	233	72.2	
	なし	100		0.0 ¹⁾	10.4	299	210	70.3	
					0.5	27	23	1.9	
リン酸改良資材	施用	77	62.6	91.0 ²⁾	10.3	307	214	70.3	
	なし	46		0.0 ²⁾	10.7	299	212	71.2	
					-0.4	8	2	-0.9	
pH改良資材	施用	60	48.8	92.0 ²⁾	10.6	314	220	70.3	
	なし	63		0.0 ²⁾	10.3	295	208	71.0	
					0.3	19	12	-0.7	
窒素施肥量	標準	76	65.0	6.4 ²⁾	10.5	302	212	70.8	7.2 kg/10 a 迄
	多肥	41		9.4 ²⁾	10.2	312	216	69.2	7.2 kg/10 a 超
					0.3	-10	-4	1.6	
麦踏総回数	3回以上	19	15.4	3.4 ³⁾	10.4	314	191	62.2	
	2回以下	104		1.5 ³⁾	10.5	302	218	72.2	
					-0.1	12	-27	-10.0	
茎立期前の麦踏	有り	45	36.6	1.1 ³⁾	10.5	329	224	68.8	
	なし	78		0.0 ³⁾	10.4	290	208	71.7	
					0.1	39*	16	-2.8	
湿害	無し	66	54.1		10.6	326	230	71.0	
	有り	56			10.3	276	193	70.4	
					0.3	50**	37**	0.5	

各項目の1段目は基本技術・管理を実施、2段目は同実施せず、3段目は1段目と2段目の差。

¹⁾, ²⁾, ³⁾; t/10a, kg/10a, 回, **, *; 1%, 5%水準で平均値の差が有意。

リン酸改良資材は熔燐, pH改良資材は苦土炭カル。

第4表 湯津上地区における主な肥培管理等による原麦粗タンパク含量、子実重、整粒重、整粒歩合の差。

項目	群分け	生産者数 (名)	実施率 (%)	平均	原麦粗タンパク質含量 (%)	子実重 (kg/10 a)	整粒重 (kg/10 a)	整粒歩合 (%)	備考
播種期	適期	45	45.5	10月31日	10.3	371	298	80.4	11月5日迄
	遅播	54		11月11日	10.9	387	338	87.4	11月6日以降
					-0.6**	-16	-40*	-7.0***	
リン酸改良資材	施用	46	47.9	77.0 ¹⁾	10.6	388	330	84.8	
	なし	50		0.0 ¹⁾	10.7	365	305	83.0	
					-0.1	23	25	1.8	
pH改良資材	施用	65	67.7	82.0 ¹⁾	10.5	387	324	83.6	
	なし	31		0.0 ¹⁾	11.0	355	302	84.4	
					-0.5	32	22	-0.8	
窒素施肥量	標準	71	81.6	5.1 ¹⁾	10.9	372	313	83.7	7.2 kg/10 a 迄
	多肥	16		9.2 ¹⁾	10.3	419	349	83.5	7.2 kg/10 a 超
					0.6	-37	-36	0.2	
麦踏総回数	3回以上	25	25.3	3.1 ²⁾	10.5	399	331	83.0	
	2回以下	74		1.4 ²⁾	10.6	373	317	84.7	
					-0.1	26	14	-1.7	
茎立期前の麦踏	有り	44	45.8	1.0 ²⁾	10.7	390	335	85.8	
	なし	52		0.0 ²⁾	10.5	374	309	82.8	
					0.2	16	26	3.0*	

各項目の1段目は基本技術・管理を実施、2段目は同実施せず、3段目は1段目と2段目の差。

¹⁾, ²⁾; kg/10 a, 回. ***, **, *: 0.1%, 1%, 5%水準で平均値の差が有意。

リン酸改良資材は熔燐, pH改良資材は苦土炭カル。

第5表 塩那地区および湯津上地区における pH 改良資材施用による原麦粗タンパク含量、子実重、整粒重、整粒歩合の差。

項目	群分け	生産者数 (名)	実施率 (%)	平均 (kg/10 a)	原麦粗タンパク質含量 (%)	子実重 (kg/10 a)	整粒重 (kg/10 a)	整粒歩合 (%)	備考
pH改良資材	施用	125	57.1	87.0	10.5	352	274	77.2	
	なし	94		0.0	10.6	315	239	75.3	
					-0.1	37*	35**	1.9	

各項目の1段目は基本技術・管理を実施、2段目は同実施せず、3段目は1段目と2段目の差。

平均値の差の有意性は、**が1%, *が5%で有意。

リン酸改良資材は熔燐, pH改良資材は苦土炭カル。

光分析装置 (Foss 社 Infratec 1241) にて原麦粗タンパク質含量 (無水) を測定した。

90%を超え、2004年には黒磯を除いて各地区とも90%と高い比率となっていた。

結 果

1. オオムギ縞萎縮病の発生状況

調査結果を第1表に示した。作付面積1795 haのうち、オオムギ縞萎縮病は1131 haで発生し、発生率は63.0%、抵抗性品種のスカイゴールドを除くと70.5%で発病が確認された。地区別では、大田原と湯津上では80%、塩那、黒磯でも50%を超えていた。発生面積のうち、多発生は全地区で50%を超えていた。また、那須地方各地区における過去20年間のムギ類に占めるビールオオムギの作付面積比率を第1図に示した。全地区とも、20年間にわたってビールオオムギの作付面積率は50%以上で、大田原および湯津上では1992年以降80%超え、黒羽も2000年以降

2. 生産現場における栽培技術の実態と課題

塩那および湯津上における原麦粗タンパク質含量、子実重、整粒重、整粒歩合、主な肥培管理の平均、最小値、最大値、標準偏差、変動係数を第2表に示した。塩那および湯津上の原麦粗タンパク質含量は8.1~13.7%、7.5~13.5%、子実重は63~615 kg/10 a、121~598 kg/10 a、播種期は10月17日~12月2日、10月23日~12月16日、収穫期は5月27日~6月15日、6月4日~22日であった。

塩那および湯津上における主な肥培管理の実施状況と実施状況による原麦粗タンパク含量・収量関連調査データの平均値および平均値の差の検定結果を第3表および第4表に示した。適期播種の実施率は塩那では87.0%、湯津上

では45.5%, 堆肥の施用は塩那18.7%, リン酸改良資材(熔燐)の施用は塩那62.6%, 湯津上47.9%, pH改良資材(苦土炭カル)の施用は48.8%, 67.7%, 麦踏の総回数3回以上は15.4%, 25.3%, このうち茎立期前の麦踏は36.6%, 45.8%であった。両地区(以下, 塩那, 湯津上の順に示す)において, 適期播種と遅播による原麦粗タンパク質含量の差は, それぞれ-1.1%, -0.6%であり, 適期播種が遅播きに比べて, 有意に低くなった。pH改良資材の施用では, それぞれの地区で増収傾向にあったものの有意でなかったが, 条件の異なる両地区を込みにして施用の有無で比較すると子実重および整粒重がそれぞれ有意に37 kg/10 a, 35 kg/10 a増加した(第5表)。茎立期前の麦踏では, 同様に実施により塩那では子実重が有意に39 kg/10 a増加し, 両地区を込みにした場合には子実重および整粒重がそれぞれ有意に35 kg/10 a, 31 kg/10 a増加した。また, 湯津上では, 茎立期前の麦踏によって整粒歩合が有意に3ポイント増加した。塩那のみの結果であるが, 湿害の発生によりそれぞれ有意に50 kg/10 a, 37 kg/10 a減収

した。播種期と湿害の有無を調査した結果, 適期内の播種では約5割で湿害が発生していた(第6表)。両地区における原麦粗タンパク質含量, 収穫期, 子実重, 整粒重, 整粒歩合と主な肥培管理, 資材の施用量の相関係数を第7表および第8表に示した。両地区とも原麦粗タンパク質含量は播種期($r=0.232, 0.288$)や収穫期(同0.380, 0.542)と正の相関が認められた。また, 両地区ともリン酸改良資材と基肥リン酸を併せたリン酸総施用量と原麦粗タンパク質含量との間に負の相関(同-0.221, -0.213)が認められた。しかし, リン酸改良資材(熔燐)と原麦粗タンパク質含量との間に相関が認められたのは塩那(同-0.215)のみであった。加えて, 湯津上では窒素, リン酸, 加里の総施用量と子実重や整粒重との間に正の相関が認められた。他に, 両地区とも麦踏の総回数と収穫期との間に負の相関が認められ, 麦踏の回数が増えるに従って収穫期が早まった。

考 察

栃木県産ビールオオムギ作付面積の約2割を占める那須地方において, 原麦粗タンパク質含量改善は, 栃木県のビールオオムギ生産における高品質化の課題とも考えられる。

今回のオオムギ萎縮病の発生調査から, 那須地方の63.0% (抵抗性品種を除くと70.5%)で発生が確認され, 蔓延化していることが判明した。那須地方では, これまで一時的に抵抗性品種のミカモゴールドデンおよびタカホゴールドデンが普及したものの, 1991年以降なす二条が主力品種

第6表 播種期と湿害の発生(塩那地区)。

播種期	生産者数 (名)	湿害の発生した生産者数 (名)	湿害発生率 (%)
～10月25日	43	23	53.5
～10月31日	27	13	48.1
～11月5日	38	19	50.0
11月6日以降	15	3	20.0

第7表 塩那地区における原麦粗タンパク質含量, 収穫期, 子実重, 整粒重, 整粒歩合と主な肥培管理, 資材の施用量の相関係数。

主な肥培管理等 項目	収穫期	子実重	整粒重	整粒歩合	リン酸 改良資材	pH 改良資材	窒素 (総施用量)	リン酸 (総施用量)	加里 (総施用量)	麦踏 総回数	播種期
原麦粗タンパク質含量	0.380***	0.217*	0.348***	0.339***	-0.215*	0.079	-0.155	-0.221*	-0.114	-0.074	0.232*
収穫期		0.040	0.262**	0.539***	-0.238**	-0.064	-0.151	-0.256**	-0.070	-0.216*	0.459***
子実重			0.893***	-0.109	0.066	0.133	0.076	0.059	0.007	0.029	0.096
整粒重				0.334***	0.024	0.082	0.018	0.015	-0.022	-0.172	0.250**
整粒歩合					-0.074	-0.107	-0.148	-0.085	-0.076	-0.438***	0.390***

***, **, *: 0.1%, 1%, 5%水準で有意。

リン酸改良資材は, 熔燐。pH改良資材は, 苦土炭カル。

第8表 湯津上地区における原麦粗タンパク質含量, 収穫期, 子実重, 整粒重, 整粒歩合と主な肥培管理, 資材の施用量の相関係数。

主な肥培管理等 項目	収穫期	子実重	整粒重	整粒歩合	リン酸 改良資材	pH 改良資材	窒素 (総施用量)	リン酸 (総施用量)	加里 (総施用量)	麦踏 総回数	播種期
原麦粗タンパク質含量	0.542***	-0.008	0.065	0.181	-0.022	-0.177	-0.257*	-0.213*	-0.252*	-0.109	0.288**
収穫期		-0.025	0.147	0.525***	0.052	-0.409***	-0.209	-0.078	-0.207	-0.208	0.760***
子実重			0.956***	0.054	0.102	0.152	0.300**	0.255*	0.325**	0.106	0.023
整粒重				0.328***	0.108	0.101	0.250*	0.243*	0.267*	0.035	0.173
整粒歩合					0.051	-0.093	-0.062	0.047	-0.073	-0.211	0.512***

***, **, *: 0.1%, 1%, 5%水準で有意。

リン酸改良資材は, 熔燐。pH改良資材は, 苦土炭カル。

として作付けされ、その作付面積は2001年産以降約9割となっている（栃木県農務部2001, 2002, 2003a, 2003b）。また、那須地方各地区における過去20年間のムギ類に占めるビールオオムギの作付面積状況は、近年、黒礫を除き各地区ともビールオオムギの面積率が高くなっている。オオムギ萎縮病は、連作によりその発病程度が激化する（小川ら1995）が、今回の結果は長年の罹病性品種の連作によるものと考えられ、加えて大田原や湯津上では国営那須野ヶ原開拓建設事業（1967年）で開田した圃場は水利費が高いことや黒ボク土土壌はコメのタンパク質含有率が高くなりやすい（大谷ら2003）ためにコメの良食味生産指向から黒ボク土の多い開田における水田としての利用を控え、水稻・ビールオオムギ・大豆の輪作体系ではなくビールオオムギ・大豆の連作体系が多いこともオオムギ萎縮病の発生率が高まった原因と推察された。他の地区においても、なす二条等罹病性品種の作付けを続けると、大田原および湯津上と同様にオオムギ萎縮病の一層の拡大、激化が進むと推察される。氏原ら（1984）および渡辺（1995）は、オオムギ萎縮病に罹病すると原麦粗タンパク質含量が約2～3%高くなるとしており、オオムギ萎縮病による被害も那須地方における高タンパクビールオオムギ生産の原因の一つと考えられた。この被害を回避し、ビールオオムギの安定生産のためには、早急にスカイゴールデン等オオムギ萎縮病抵抗性品種の作付けを進める必要がある。なお、スカイゴールデンは原麦粗タンパク質含量が高くなりやすい欠点を持つことから、栽培にあたってはこれまで作付けしてきた品種以上にその含量に留意すべきと考えられる。

次に、塩那および湯津上の生産者履歴等を用いて生産現場における栽培技術の実施状況を調査した結果から、原麦粗タンパク質含量は適期播種等収穫期が遅くならないような栽培やリン酸改良資材施用を含めたリン酸の施用により低減化が図られ、同様に子実重や整粒重など収量はpH改良資材施用、茎立期前の麦踏の実施、湿害の発生を無くすことにより向上すると、推察された。両地区においても同様に収穫期が遅いと原麦粗タンパク質含量が高くなり、播種期と原麦粗タンパク質含量とも正の相関が認められている。播種期が遅くなると原麦（子実）の粗タンパク質含量が高くなることはコムギやビールオオムギでは知られている（Kohn and Storrier 1970, 荻内2008）。また、一般的に緯度や標高が高くなるにつれ到穂日数が遅くなる（増田1964）。両地区をはじめ那須地方は我が国の秋播ビールオオムギ栽培の最北端に位置し、また湯津上は120～180 m、塩那は190～320 mと標高も高いため、播種適期は栃木県南地域の11月5日～15日より約15～10日、同県央地域の10月31日～10日より約10～5日早く設定されている（栃木県農務部2008）。今回の調査結果では、塩那では87%が適期に播種したものの、播種期は10月17日～12月2日まで46日間もあり、湯津上では適期に播種を行ったのが約46%で、播種期は10月23日～12月16日まで約2ヶ月

に渡り、収穫期は塩那では5月27日～6月15日と19日間、湯津上では6月4日～22日と17日間と幅が大きく、原麦粗タンパク質含量の低減化と併せて、そのバラツキを低下させることも重要と考えられ、そのためには適期播種や収穫期の幅を狭めることも課題として明らかになった。加えて、水田農業構造改革交付金の高度利用加算助成金の推進等により大豆との二毛作圃場も多く、これら圃場においては大豆の収穫期が10月下旬から11月中旬となり、大豆の収穫が終了しないとビールオオムギの播種ができない。その結果、播種期が遅れる場合も多い。これは、那須地方の大豆生産においても同様で、大豆の播種適期は6月上・中旬とされている（栃木県農務部2008）が、ビールオオムギの収穫は通常6月上・中旬となり、ダイズの播種・収穫が遅くなるとビールオオムギの播種・収穫が遅くなり、またダイズの播種・収穫が遅くなるという負の連鎖が起きている。栽培指針ではビールオオムギの連作は3年までとしている（栃木県農務部2008）が、湯津上では前述のようにビールオオムギ・大豆の連作体系が多く、連作によって畑地化が進み、その結果より原麦粗タンパク質含量が高まりやすくなっているものと考えられた。これらのことから、原麦粗タンパク質含量の高いビールオオムギ生産を是正するためには、輪作体系の適正化や早生大豆品種の導入等を含めて、適期播種の推進が必要と考えられた。

次に、両地区においてリン酸の総施用量の増加に伴い原麦粗タンパク質含量が低下したが、これは原田（1974）の知見と一致した。今回の調査では、リン酸改良資材の施用量と原麦粗タンパク質含量との間に相関が認められたのは塩那のみであったが、それは熔燐施用量の差によるものか、基肥に含まれるリン酸の施用量の差による影響かは不明であった。土壌によりリン酸施用の効果が異なることが報告されている（江川ら1957, 佐藤ら1992b）。黒ボク土ではリン酸の固定量が多いためによりリン酸量を増やすことが望ましく、またムギ類の初期生育、分けつの促進や耐寒性の向上には播種後からリン酸の供給が重要である（佐藤ら1992a, 農文協2001）。那須地方で施用されているリン酸改良資材は熔燐であるが、ムギ類が多収となる速効性（過燐酸石灰型）と遅効性（溶燐型）リン酸を合わせた肥料（石塚1948, 農文協2001）ではない。そのため、播種時に可給態リン酸が低い場合や基肥のリン酸が少ない場合には、熔燐ではその効果が発揮されにくいものと考えられる。加えて、黒ボク土など火山灰土壌においては苦土が欠乏するとリン酸施用の効果が発揮されにくいこと（江川ら1957）から、地域に応じたリン酸の割合の高い基肥や苦土重焼りん等速効性と遅効性のリン酸が混合されたリン酸改良資材の選択に併せて苦土の供給等を考慮しながら使用を図ることが原麦粗タンパク質含量の低減、適正化ならびに収量の向上には必要と考えられる。また、那須地方で施用されている基肥肥料は栃木県中南部向け沖積土壌用肥料（窒素：リン酸：加里＝12%：18%：14%、販売価格2340円/20

kg)で、那須地方に多く存在している黒ボク土や森林土(栃木県農業試験場 1978)向けのリン酸を増やした専用肥料(同 8%:18%:16%, 同 2290 円 /20kg)(栃木県農務部 1989)は、沖積土壌用肥料に比べて窒素あたりの単価が高いために、使用されていない。基肥肥料の選定についても、検討の余地がある。pH 改良資材の施用では、苦土炭カルにより土壌 pH が矯正され、生育が向上し増収したと推察される。オオムギは酸性に弱い作物であり(田中・早川 1974, 下野 1990, 農文協 2001), 適正な生育と収量の確保には pH 改良資材の施用が有効であるが、前述のリン酸や苦土と同様に各資材の施用にあたっては、土壌分析に基づいた適正な施用が効果的と考えられる。栽培管理では、茎立期前の麦踏が収量確保や整粒歩合向上には有効と推察され、また塩那の結果から徹底した湿害対策の励行が収量向上のポイントと考えられる。これらのことに加えて、基本技術とされる栽培技術は十分に実施されていないことも判明した。なお、オオムギ縞萎縮病の発生結果から、調査圃場の多くはオオムギ縞萎縮病の発生による影響を受けていると考えられ、今後同病の発生の無い状態での基本技術の有無による影響を確認する必要があると思われる。

以上のことから、那須地方における高タンパクビールオオムギ生産のもう一つの原因は、基本技術の励行が不十分であることによると考えられた。その改善と安定した生産の確保には、全生産者が適期播種、リン酸改良資材や pH 改良資材の施用等の土づくり、茎立期前の麦踏や湿害対策などの励行に努める必要がある。

ビールオオムギはその用途から工業原料的な品質が求められ、原麦粗タンパク質含量の高いビールオオムギを生産しないことはもちろん、そのばらつきも極力小さくしなければならない。今回の調査結果では、原麦粗タンパク質含量の標準偏差は 1.3 であったが、適正範囲幅が 1% (10.0~11.0%), 受入品質基準の幅が 3% (9.0~12.0%)であることを考慮しても、標準偏差の 3 倍の範囲内に全データの 99.7%は入ることから、標準偏差は 0.5 以内にすることが望ましい。今後、オオムギ縞萎縮病抵抗性品種の導入、普及により、オオムギ縞萎縮病による高タンパクビールオオムギの生産や収量の低下は回避できると考えられるが、併せて基本技術の励行を徹底しないと、十分な改善は図ることができないものと推察される。また、今回の調査から、那須地方の土壌や栽培に適したリン酸改良資材や基肥肥料の選定、開発など資材面での検討の余地が明らかになった。なお、リン酸改良資材や pH 改良資材の励行されていない理由は特定できなかったが、堆肥、リン酸改良資材、pH 改良資材、基肥と複数回にわたる資材の施用は生産者にとって負担になるので、できれば 1~2 回で済むような資材の開発が必要と思われる。

いずれにおいても、ビールオオムギ生産者全員が、生産環境に応じた適期播種やリン酸改良資材や pH 改良資材の施用、麦踏や湿害対策など基本技術を実践し、原麦粗タン

パク質含量、収量の分析結果と栽培履歴等の解析、土壌分析、診断などを行い、適正できめ細かな栽培を行うことにより、より一層の高品質安定生産が実現するものと考えられる。

謝辞: 本研究の遂行にあたり、那須農業振興事務所経営普及部小貫拓実主幹、栃木県農政部経営技術課星一好主査、大房一裕主査、栃木県農業環境指導センター高橋聖恵主任には調査作業において、多大なるご尽力をいただいた。ここに記して心からお礼を申し上げる。

引用文献

- 江川友治・関谷宏三・飯村康二 1957. 畑土壌の性質と燐酸の肥効の現われ方. 農技研報 B7: 31-52.
- 原田哲夫 1974. 二条大麦の品質に関する作物学的研究. 広島農試報 34: 1-82.
- 石塚喜明 1948. 小麦に対する燐酸の効果. 農及園 23: 339-343.
- 河田尚之・五月女敏範 1998. オオムギ縞萎縮病抵抗性準同質遺伝子系統の作出と病原ウイルス系統に対する反応. 栃木農試研報 47: 65-77.
- Kohn, G.D. and R.R. Storrier 1970. Time of sowing and wheat production in southern NSW. Austr. J. Exp. Agric. 10: 604-609.
- 増田澄夫 1964. 二条大麦の地域適応性に関する研究. 栃木農試研報 8: 29-39.
- 農文協 1987. 原色 作物病虫害百科-診断と防除-2 ムギ・マメ・飼料作物. 農文協, 東京. 1-585.
- 農文協 2001. 転作全書 第 1 巻 ムギ. 農山漁村文化協会, 東京. 1-790.
- 小川圭・渡辺健・飯田幸彦・千葉恒夫・山崎郁子・柏崎哲・土崎常男 1995. 茨城県における麦類の土壌伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究-第 1 報 病原ウイルスの系統と発生生態-. 茨城農総セ農研報 2: 1-52.
- 荻内謙吾 2008. 秋播性コムギの冬期播種栽培に関する研究. 岩手農研セ研報 8: 1-56.
- 大谷和彦・薄井雅夫・青木純子・山口正篤・福島敏和・佐藤圭一・星一好 2003. 栃木県産米の食味変動要因と肥培管理による改善法. 栃木農試研報 50: 1-18.
- 佐々木昭博 1990. 作物育種と食品加工 [4] ビールオオムギ. 農及園 65: 537-542.
- 佐藤暁子・末永一博・高田寛之・川口数美 1992a. 異なる土壌におけるコムギの生育と収量. 日作紀 61: 349-355.
- 佐藤暁子・小柳敦史・末永一博・渡辺修・川口数美・江口久夫 1992b. コムギ品質におよぼす土壌と窒素、リン酸施肥の影響. 日作紀 61: 616-622.
- 下野勝昭 1990. 多湿黒ボク土の土壌 pH が畑作物の生育、収量に及ぼす影響. 土肥誌 61: 8-15.
- 五月女敏範・河田尚之・加藤常夫・関和孝博・西川尚志・夏秋知英・木村晃司・前岡庸介・長嶺敬・小林俊一・和田義春・吉田智彦 2010. 栃木県におけるオオムギ縞萎縮ウイルスの発生状況と新たに見出されたオオムギ縞萎縮ウイルス系統. 日作紀 79: 29-36.
- 田中明・早川嘉彦 1974. 耐酸性の作物種間差 第 1 報 耐低 pH 生の種間差. 土肥誌 45: 561-570.
- 谷口義則・小田俊介・常見譲史・大塚勝・関和孝博・糸川晃伸・山口昌宏・五月女敏範・福田暎・早乙女和彦・河田尚之・石川直幸・加藤常夫・加島典子・宮川三郎・神永明・小玉雅晴・佐々木昭博・

- 仲田聡・徳江紀子・桐生光広・野澤清一・佐藤圭一・伊藤浩 2001. 二条大麦新品種「スカイゴールデン」の育成（二条大麦農林 20 号）. 栃木農試研報 50: 1-18.
- 寺村好司・小山内英一・伏田均・河西隆喜 1990. ビール大麦新品種なす二条の育成とその萎縮病抵抗性について. 育種 40(別 2): 174-175.
- 栃木県農業試験場 1978. 地力保全基本調査総合成績耕地土壤図. 栃木県農業試験場, 宇都宮. 1-17.
- 栃木県農務部 1989. 麦作推進資料（平成元年度）. 栃木県農務部, 宇都宮. 1-110.
- 栃木県農務部 2001. 麦作推進資料（平成 13 年産）. 栃木県農務部, 宇都宮. 1-115.
- 栃木県農務部 2002. 麦作推進資料（平成 14 年産）. 栃木県農務部, 宇都宮. 1-118.
- 栃木県農務部 2003a. 麦作推進資料（平成 15 年産）. 栃木県農務部, 宇都宮. 1-104.
- 栃木県農務部 2003b. 麦作推進資料（平成 16 年産）. 栃木県農務部, 宇都宮. 1-95.
- 栃木県農務部 2005. 麦作推進資料（平成 17 年産）. 栃木県農務部, 宇都宮. 1-77.
- 栃木県農政部 2008. 平成 20 年度 稲麦大豆等生産推進資料. 栃木県農政部, 宇都宮. 1-182.
- 氏原和人・藤井敏男・野沢清一・関口忠男・千葉恒夫 1984. 大麦萎縮病とビールムギ品質. 育種 42(別 1): 302-303.
- 渡辺健・小川圭・飯田幸彦・千葉恒夫・山崎郁子・上田康郎 1995. 茨城県における麦類の土壤伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究-第 2 報 被害と防除法-. 茨城農総セ農研報 2: 53-100.

Present Problems and Future Improvement of Malting Barley Production in Nasu, Tochigi Prefecture : Toshinori SOTOME^{1, 2)}, Masayoshi FUJITA³⁾, Noboru Gunji³⁾, Yudai OGAWA³⁾, Atsuo SHIRAIISHI³⁾, Syun-ichi KOBAYASHI¹⁾, Yukitsugu TAKAHASHI⁴⁾, Tomohiko YOSHIDA⁴⁾ (¹⁾*Tochigi Agr. Exp. Stn. Tochigi Brn., Tochigi 328-0008, Japan;* ²⁾*United Grad. Sch. of Agr. Coll., Tokyo Univ. of Agr. and Tech.;* ³⁾*Japan Agri. Coop. Nasuno;* ⁴⁾*Fac. Agr., Utsunomiya Univ.*)

Abstract : Studies were conducted to stabilize the high yield and quality of malting barley in Nasu where grain crude protein content is high. The incidence of *barley yellow mosaic virus* (BaYMV) was as high as 63.0% (70.5% when, resistant cultivars were excluded) in Nasu district. Then the use of BaYMV-resistant cultivars such as ‘Sukai Golden’ is necessary for stable production and high quality. Analysis of the cultivation history revealed that grain crude protein content had a significant positive correlation with sowing time, and harvest time, and a significant negative correlation with the application phosphate fertilizer. The yield was increased by applying levels of alkali fertilizer, and treading barley plants just before the jointing stage. However, such operations are performed by only a half of the farmers, resulting in a large variation in protein content and yield, and also in a high protein content of grain that is not suitable for malting barley. For improvement of protein content and stabilization of high yield sowing at a suitable time and improving soil by application of phosphate and alkali fertilizers are necessary.

Key words : Barley, *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV), Malting barley, Protein content.