

ビール大麦への追肥が収量と麦芽品質に及ぼす影響

桑川晃伸・谷口義則¹⁾・山口昌宏²⁾・渡邊修孝³⁾・山口恵美子・関和孝博・加藤常夫

摘要：ビールの品質に大きな影響を及ぼす子実粗蛋白質含量の環境変動を緩和させるためには、追肥技術を確立させる必要がある。そこで、本県におけるビール大麦主要3品種を用いて、追肥が収量と麦芽品質の各形質に与える影響を明らかにするとともに、生育診断による子実粗蛋白質含量推定の可否を検討した。その結果、総窒素施肥量を同量にして分施する場合、基肥のみに比べて分施時期を遅くするほど子実粗蛋白質含量を高める効果があったが、収量増にはつながらなかった。一方、追肥で増肥する場合(茎立期追肥)には、基肥のみで増肥するよりも、収量と子実粗蛋白質含量の両方で大幅な増加が認められた。麦芽エキス等の品質は追肥により低下したが、これは子実粗蛋白質含量の増加に伴うものであり、同一水準の粗蛋白質含量で比較すると、基肥のみと分施の間で差がないことから、分施によってある子実粗蛋白質含量まで引き上げても、基肥のみで引き上げても各麦芽品質項目に差は生じないと考えられた。葉色と子実粗蛋白質含量の関係は、場内圃場において茎立20日後の葉色と子実粗蛋白質含量との間に有意な正の相関が認められ、2カ年の試験で得られた回帰式から推定すると、茎立20日後の葉色が43.5～45.0の範囲内であれば、子実粗蛋白質含量の適正值である10.0～11.0%に収めることができると推測された。ただし、年次間変動が見られるので、さらに今後検討し、高精度な診断技術を確立する必要がある。

キ-ワ-ド：ビール大麦, 追肥, 生育診断, 子実粗蛋白質含量

Effects of additional fertilizer on the yield and quality of malting barley .

Terunobu KUMEKAWA, Yoshinori TANIGUCHI, Masahiro YAMAGUCHI, Nobutaka WATANABE
Emiko YAMAGUCHI, Takahiro SEKIWA, Tsuneo KATO

Summary: To lessen environment-induced variability in grain crude protein content, which determines malting quality, an appropriate technique for applying additional fertilizer is needed. Therefore, we studied the effects of additional fertilizer on the yield and malting quality of three major cultivars of malting barley cultured in Tochigi Prefecture: "Amagi-Nijo", "Mikamo-Golden", and "Sukai-Golden". The feasibility of estimating grain crude protein content by growth analysis was also examined. The results indicated that when the total amount of nitrogen fertilizer was held constant, application of additional fertilizer at later stages resulted in grain crude protein contents higher than those obtained with the basal fertilizer only. However, late application of additional fertilizer did not increase the yield. On the other hand, when the total amount of fertilizer was increased by additional fertilizer (application of additional fertilizer at the stalk stand stage) remarkable increases in the yield and grain crude protein content were observed. Application of additional fertilizer caused a drop in the quality of malt extract, but only because of the increase in grain crude protein content. When compared on the basis of crude protein content, there was no difference between the lot with basal fertilizer only and the lot with separate fertilizer applications. Therefore, malting quality was negatively correlated with crude protein content, regardless of the method of fertilizer application. In our test plots, a significant positive correlation was observed between grain crude protein content and the leaf color index 20 days after the stalk stand. From regression analysis of two years' data, it could be concluded that a leaf color index in the range of 43.5 - 45.0 20 days after the stalk stand was correlated with grain crude protein contents in the range of 10.0 - 11.0%, which is the appropriate level for malting. However, as there were yearly fluctuations, further examination is needed to establish a reliable high-precision method of prediction.

Key words: malting barley, additional fertilizer, growth-based prediction, grain crude protein content

緒言

ビール大麦はビール醸造用原料として用いられるため、実需者であるビール会社からは安定、均一かつ優れた品質が望まれている。特に、2001年産以降のビール会社との栽培契約更改に際し、子実粗蛋白質含量の品質基準が従来の9.5～11.5%（無水）から10.0～11.0%とより範囲が厳しくなった。子実粗蛋白質含量はビール醸造品質の中で最も重要な項目の一つであり、品種間、年次間変動がみられるほか、田畑の別、前作、土壌統、施肥量、播種法等の栽培条件、湿害、倒伏、大麦萎縮病等の病障害によっても大きく変動することが知られている^{1),3),5),10),11)}。子実蛋白質含量が高過ぎると、麦芽エキスの低下や麦芽の溶けの不良を引き起こすとともに、ビール醸造過程で溶出する蛋白質が多くなり、濁りや香味の悪化がみられる。逆に子実蛋白質含量が低過ぎると泡もちの低下、酵母の働きが鈍ることによる発酵遅延等の問題が生じる²⁾。本県においては高品質化の取組みとして、ビール麦協議会を始めとする生産者団体を中心に、生産者別の子実粗蛋白質含量分析による生産現場の実態把握および分析結果をもとにした栽培指導を行っている。しかしながら、基肥窒素施肥のみの栽培方法のため、年次変動を緩和させることは困難であり、しばしば高蛋白あるいは低蛋白化が問題になっている。小麦では高品質安定生産を目的とする追肥の診断基準の報告があるが⁴⁾、本県におけるビール大麦栽培では追肥は行われていない。こうした現況の下、ビール大麦においても子実粗蛋白質含量の変動を緩和させ、適正值に近づけるための栽培技術の確立が重要である。

そこで、本研究では子実粗蛋白質含量制御技術開発の資とするため、ビール大麦主要品種の追肥量および追肥時期の差異による収量性と子実粗蛋白質含量を中心とした麦芽品質への影響を調査した。さらに、子実粗蛋白質含量を適正にする方法として、葉色等による生育診断に基づく追肥技術について検討した。

なお、本研究は2001～2003年度（播種年度は2000～2002年度）にかけての独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構からの委託研究「食糧自給率向上のための21世紀の土地利用型農業確立に関する総合的研究」（2003年度は「新鮮でおいしい「ブランド・ニッポン」農産物提供のための総合研究」に組換え）によって実施した。

試験方法

試験1. 追肥の量・時期が収量・麦芽品質に及ぼす影響

2000年度および2002年度に栃木農試栃木分場内試験圃場（水稻跡、細粒灰色低地土）においてスカイゴールデン、あまぎ二条、ミカモゴールデンの3品種を用いて実施した。試験規模および区制は1区6.24m²（1.3m×4.8m）2反復の分割区法とし、処理要因は、窒素施肥量について基肥3水準と分施肥4水準を設定した（第1表）。播種様式は条間20cm（区間30cm）の6条ドリル播とし、播種量、播種期および管理作業等栽培様式は合同品種比較試験（栃木分場慣行法）に準じて行った。調査は合同品種比較試験に準じて農業特性の主要項目について実施した。麦芽品質については原麦60gを用いて製麦し、分析は栃木分場慣行法に従い行った⁹⁾。

第1表 試験区の構成（試験1）

要因	水準 ¹⁾				
基肥量 ²⁾	6.5(少)	8.0(標)	9.5(多)		
分施肥 ³⁾	0+0	2+0	4+0 ⁴⁾	0+2	

1)窒素量 kg/10a。使用肥料は硫安(21%)。

2)追肥有りの区は基肥から2kg/10a減肥した。

したがって、0+0, 2+0, 0+2は総窒素量は同量である。

3)(茎立期の追肥量) + (茎立20日後の追肥量)。

4)2002年度は3.5+0。

試験2. 生育診断による子実粗蛋白質含量の推定

試験1の各試験区において、茎立期の草丈、茎数、葉色および植物体窒素含有率、茎立20日後の草丈、葉色および子実粗蛋白質含量を調査した。また、栃木県を中心とした北関東のビール大麦現地作付圃場において茎立期の葉色を調査した。なお、現地作付圃場は2001年度ではスカイゴールデンについてサッポロビール社試験圃場（群馬県新田町）1カ所、下都賀農業振興事務所管内5カ所、河内農業振興事務所管内3カ所、試験1と同圃場の合同品種比較試験（品比系統）2カ所の計11カ所を、2002年度は那須、下都賀、安足農業振興事務所の管内圃場、農業試験場本場圃場および場内圃場のスカイゴールデン52カ所、あまぎ二条5カ所、ミカモゴールデン7カ所を調査した。葉色は葉緑素計SPAD502（ミノルタ社製）を用い、最上位完全展開葉の中央部付近を測定した。植物体窒素は1区あたり約30株採取し、根を除去後に乾燥し、粉碎機で粉碎した後、ケルダール法にて測定した。子実粗蛋白質含量は栃木分場慣行の近赤外分光法に従い、ブラン・ルーベ社製 IA500を使用し粉体で測定した。

試験結果

気象および生育経過概要は、概ね次の通りであった。2000年度は播種後の乾燥により初期生育が抑制され、生育遅延は茎立期まで続いたが、3月中旬以降の高温により生育が急激に促進され、出穂期は平年より3~5日早かった。さらに5月中下旬が高温に推移したため、成熟期は平年より5~6日早かった。穂数は平年よりやや多く、子実重は平年より多かったものの、あまぎ二条を除き全般に整粒歩合が平年よりやや低く、整粒重は平年をやや下回った。2002年度は播種後の低温、乾燥により初期生育が抑制された。年明け後やや回復基調となったものの、茎立期は平年より遅くなり、概ね3月第5半旬にむかえた。出穂期は平年並~2日遅れ、成熟期はほぼ平年並であった。穂数は平年並み~やや少なかった。子実重は平年並み~やや多かったが、整粒歩合が平年より高く、整粒重は多くなった。出穂期前後の高温により不稔が見られたが、農業形質や麦芽品質への影響は少なかった。

試験1. 追肥の量・時期が収量・麦芽品質に及ぼす影響

1) 農業特性

基肥量、分施肥および品種の各処理による農業特性の分散分析結果を第2表に示した。農業特性に関する品種×基肥量、品種×分施肥の交互作用は2年間とも有意なものはなく、3品種の基肥量および分施肥に対する反応は概ね共通していると推測された。基肥量では2000年度は出穂期、成熟期、稈長、穂長、穂数、1穂粒数、倒伏程度、整粒重で、2002年度では成熟期、稈長、穂数、1穂粒数、整粒重で有意差が認められた。千粒重、整粒歩合は2年間とも有意差が見られなかった。分施肥では、2000年度は出穂期、成熟期、稈長、穂長、穂数、1穂粒数、整粒重、千粒重、整粒歩合で、2002年度は稈長、穂長、穂数、1穂粒数、整粒重、千粒重、整粒歩合で有意差が認められた。2年間とも有意差が見られた特性を中心に、基肥量および分施肥の各処理の効果を見ると、基肥量では多肥ほど稈長は長く、穂数および1穂粒数は増加する傾向にあり、これに伴い整粒重は増加した。分施肥では、窒素成分量が同量で追肥時期の異なる3処理、

第2表 品種、基肥量および分施肥の処理水準における主要農業特性値の分散分析結果(2000年度, 2002年度)

試験年度	要因	出穂期 月/日	成熟期 月/日	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	1穂粒数	倒伏程度 ¹⁾	千粒重 (12.5%)g	整粒歩合 %	整粒重 kg/a
品種(A)											
2000年	あまぎ二条	4/18 a	5/28 a	99 a	5.9 a	759 a	25.2 a	0.9 a	40.1 c	88.3 b	54.2 a
	ミカモゴールド	4/17 b	5/25 c	95 b	5.4 c	724 b	23.7 b	0.1 b	42.1 b	87.9 b	48.5 b
	スカイゴールデン	4/18 a	5/26 b	91 c	5.7 b	694 c	24.0 b	0.1 b	42.7 a	93.4 a	50.4 b
品種(A)											
2002年	あまぎ二条	4/24 a	6/3 a	94 a	6.4 a	577 b	27.4 a	0.0	45.5 b	97.8 b	53.3
	ミカモゴールド	4/20 c	6/1 c	92 b	5.9 c	617 a	26.2 c	0.0	44.8 c	95.7 c	51.7
	スカイゴールデン	4/22 b	6/1 b	89 c	6.2 b	595 b	26.5 b	0.0	46.1 a	98.4 a	52.4
基肥(B)											
2000年	少肥	4/17 b	5/26 b	90 c	5.6 b	664 c	23.8 b	0.2 b	41.9	90.6	45.9 c
	標肥	4/18 a	5/27 a	96 b	5.7 a	734 b	24.5 a	0.2 b	41.6	89.6	51.9 b
	多肥	4/18 a	5/27 a	99 a	5.7 a	780 a	24.7 a	0.7 a	41.4	89.4	55.2 a
基肥(B)											
2002年	少肥	4/22	6/1 b	89 c	6.1	536 c	26.5 b	0.0	45.9	97.4	47.8 c
	標肥	4/22	6/1 b	91 b	6.1	600 b	26.6 b	0.0	45.3	97.3	52.8 b
	多肥	4/22	6/2 a	95 a	6.2	652 a	27.0 a	0.0	45.3	97.2	56.8 a
分施肥(C)											
2000年	0+0	4/18 a	5/26 b	97 a	5.6 b	751 a	24.2 b	0.6	39.9 c	84.5 d	46.2 c
	2+0	4/17 b	5/26 ab	95 b	5.7 a	725 a	24.3 b	0.3	41.2 b	89.4 c	49.9 b
	4+0	4/18 a	5/27 a	96 ab	5.8 a	741 a	25.2 a	0.5	42.5 a	91.8 b	57.3 a
	0+2	4/18 ab	5/26 b	92 c	5.5 c	687 b	23.5 c	0.1	42.9 a	93.8 a	50.6 b
分施肥(C)											
2002年	0+0	4/22	6/2	94 a	6.1 b	607 b	26.6 c	0.0	44.2 c	96.9 b	48.0 c
	2+0	4/22	6/2	92 b	6.3 a	595 b	27.1 b	0.0	44.7 c	97.2 b	52.7 b
	3.5+0	4/22	6/2	92 ab	6.4 a	638 a	27.5 a	0.0	45.7 b	97.1 b	59.3 a
	0+2	4/22	6/1	90 c	5.9 c	545 c	25.8 d	0.0	47.3 a	98.0 a	49.9 c
2000年	A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
	A×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns
	B×C	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
	A×B×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2002年	A×B	ns	*	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns
	A×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns
	B×C	ns	*	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns
	A×B×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns

1)倒伏程度は0(無)~5(甚)。

**, *は各々1%, 5%水準で有意。異なるアルファベット文字間は5%水準で有意(最小有意差法による)。

すなわち基肥のみ(以下0+0)、茎立期に2kg/10a追肥(以下2+0)および茎立20日後に2kg/10a追肥(以下0+2)で比較すると、稈長は0+0に対して2+0、0+2の順に短くなった。穂数および1穂粒数は0+2が他処理よりも減少した。一方、千粒重は0+2で最も大きくなった。その結果、整粒重は0+0が他処理よりやや減少する傾向にあったが、明確な差は見られなかった。次に、追肥時期が同じで窒素分量の異なる2処理、すなわち茎立期に4kg/10a追肥(2002年度は3.5kg/10a追肥、以下4+0)と2+0で比較すると、稈長はほぼ同等であったが、穂数、1穂粒数、千粒重は4+0の方が増加する傾向が見られ、整粒重で6~7kg/a増収した。さらに、追肥による増肥と基肥増量とを比較すると、3.5+0(総窒素量で1.5kg/10a増量)は0+0よりも穂数は同等か増加、1穂粒数と千粒重は明らかに増加し、その結果整粒重は10kg/a以上大幅に増加した。これに対し、基肥で1.5kg/10a増量した場合は4~5kg/a程度の増収であり、増収効果は追肥による増肥の方が極めて高かった。基肥量×分施肥法の交互作用は、2000年度では穂長、穂

数において、2002年度では成熟期において有意であった。

2) 麦芽品質

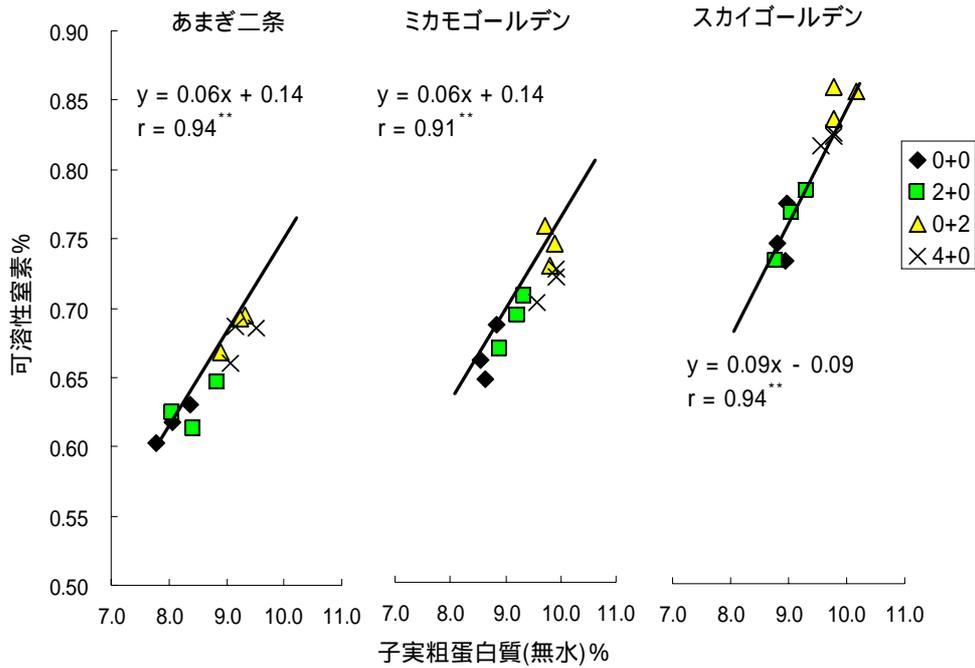
基肥量、分施肥および品種の各処理による麦芽品質の分散分析結果を第3表に示した。麦芽品質に関する品種×基肥量、品種×分施肥の交互作用は2年間とも有意なものはなく、3品種の基肥量および分施肥に対する反応は概ね共通していると推測された。基肥量では、2000年度は子実粗蛋白質含量、麦芽エキス、麦芽粗蛋白質、可溶性窒素、ジアスターゼ力で、2002年度では子実粗蛋白質、麦芽粗蛋白質、可溶性窒素、ジアスターゼ力でそれぞれ有意差が見られた。コールパツハ数、麦汁-グルカン、麦汁粘度は2年間とも有意差が認められなかった。分施肥では、2000年度は全項目で有意差が認められ、2002年度は子実粗蛋白質含量、麦芽エキス、麦芽粗蛋白質、可溶性窒素で有意差が見られた。2年間とも有意差が見られた形質を中心に、基肥量および分施肥の各処理の効果は、基肥量では多肥ほど子実粗蛋白質

第3表 品種、基肥量および分施肥の処理水準における主要麦芽品質値の分散分析結果(2000年度,2002年度)

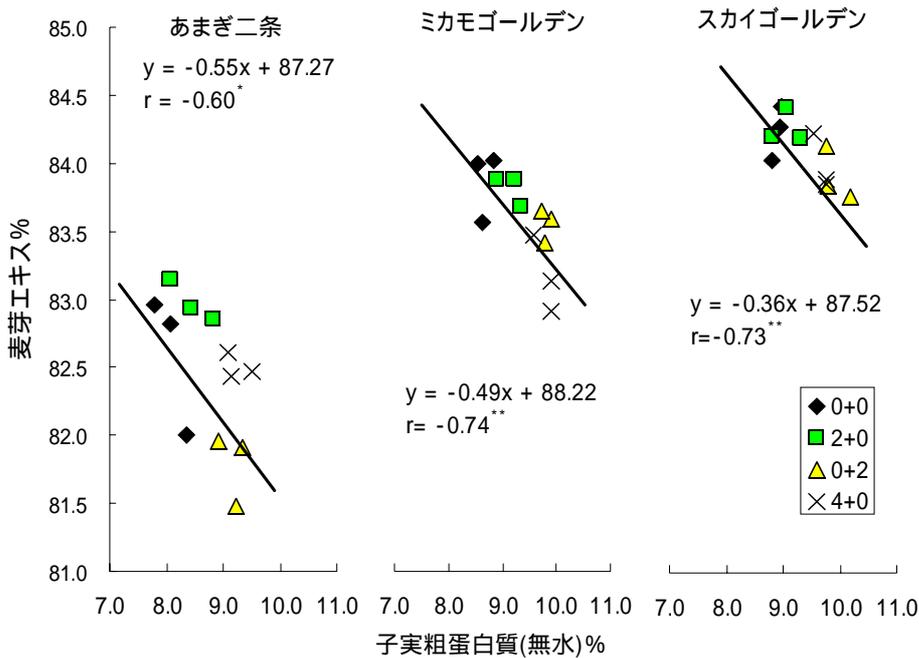
試験年度	要因	子実粗蛋白質 含量%	水感受性 ¹⁾ %	麦芽エキス %	麦芽粗蛋白質 %	可溶性窒素 %	コールパツハ 数%	ジアスターゼ力 WK/TN	麦汁-グルカン mg/l	麦汁粘度 mPa·s
品種(A)		**	**	**	**	**	**	**	**	**
2000年	あまぎ二条	8.6 b	12 b	82.2 c	8.7 b	0.64 c	46.0 b	182 c	28 b	1.62 a
	ミカモゴールド	9.4 a	9 b	83.4 b	9.3 a	0.68 b	46.0 b	224 b	31 a	1.59 b
	スカイゴールド	9.6 a	29 a	83.8 a	9.2 a	0.78 a	53.3 a	251 a	24 c	1.53 c
品種(A)		**	**	**	**	**	**	**	**	**
2002年	あまぎ二条	8.9 b	-	82.8 c	7.9 c	0.66 c	52.7 c	186 c	85 a	1.71 a
	ミカモゴールド	9.3 a	-	83.9 b	8.3 a	0.73 b	46.0 b	251 b	48 b	1.59 b
	スカイゴールド	9.2 a	-	84.5 a	8.0 b	0.81 a	63.3 a	274 a	21 c	1.54 c
基肥(B)		**	ns	*	**	**	ns	*	ns	ns
2000年	少肥	8.9 b	17	83.2 a	8.8 b	0.69 c	49.4	226 a	29	1.58
	標肥	9.3 a	16	83.2 a	9.1 a	0.70 b	48.1	215 b	28	1.59
	多肥	9.3 a	17	83.0 b	9.3 a	0.71 a	47.9	217 b	26	1.58
基肥(B)		*	ns	ns	**	*	ns	*	ns	ns
2002年	少肥	9.0 b	-	83.8	7.9 c	0.72 b	57.1	245 a	52	1.60
	標肥	9.1 ab	-	83.7	8.1 b	0.74 a	57.7	236 ab	51	1.61
	多肥	9.2 a	-	83.7	8.2 a	0.74 a	56.5	229 b	52	1.62
分施肥(C)		**	**	**	**	**	**	**	**	**
2000年	0+0	8.6 c	15 b	83.2 a	8.2 c	0.67 c	51.0 a	236 a	24 b	1.56 b
	2+0	8.9 b	17 b	83.4 a	8.8 b	0.68 b	48.7 b	221 b	30 a	1.58 b
	4+0	9.7 a	15 b	83.0 b	9.6 a	0.73 a	47.4 bc	207 c	27 ab	1.60 a
	0+2	9.6 a	20 a	82.9 b	9.7 a	0.73 a	46.8 c	213 bc	30 a	1.60 a
分施肥(C)		**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
2002年	0+0	8.5 d	-	84.0 a	7.5 d	0.69 c	57.9	235	47	1.60
	2+0	8.9 c	-	84.1 a	7.8 c	0.71 c	57.1	232	51	1.61
	3.5+0	9.4 b	-	83.5 ab	8.4 b	0.75 b	56.3	235	53	1.61
	0+2	9.7 a	-	83.4 b	8.7 a	0.79 a	57.0	244	55	1.62
2000年	A×B	**	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
	A×C	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	**	ns
	B×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	A×B×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	A×B	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2002年	A×C	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	B×C	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	A×B×C	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

1): 水感受性は2002年度は未測定。

**、*は各々1%、5%水準で有意。異なるアルファベット文字間は5%水準で有意(最小有意差法による)。



第1図 子実粗蛋白質含量と可溶性窒素との関係



第2図 子実粗蛋白質含量と麦芽エキスとの関係

含量, 麦芽粗蛋白, 可溶性窒素が高くなり, ジアスターゼ力は逆に低くなる傾向であった. 分施肥では, 追肥時期で見た0+0, 2+0および0+2の3処理間の比較では, 0+2で子実粗蛋白質含量, 可溶性窒素は最も高くなり, 逆に麦芽エキスは低くなった. 追肥量の比較では, 4+0は2+0に比べて子実粗蛋白質含量, 可溶性窒素が高く, 逆に麦芽エキスはやや低くなった. 第1, 2図に子実粗蛋白質含量と可溶性窒素および麦芽エキスの関係を示

した. 分施により可溶性窒素は増加し, 麦芽エキスは低下したが, ほぼ同一回帰直線上に位置していることから, 分施肥により可溶性窒素, 麦芽エキスに差が生じるのではなく, 分施をしたことによる子実粗蛋白質含量の変動により可溶性窒素, 麦芽エキスが変動することを意味している. なお, 基肥量, 分施肥法の交互作用は2年間とも有意な項目はなかった.

第4表 子実粗蛋白質含量と茎立期の生育量, 植物体窒素含有率との相関(場内圃場)

品 種	年 度	相 関 係 数			
		草 丈	茎 数	葉 色	植物体窒素含有率
あまぎ二条	2000	0.18 (9)	0.62 (6)	-0.06 (9)	0.70 (6)
	2002	-0.35 (6)	-0.13 (6)	-0.39 (6)	0.02 (6)
ミカモゴールドン	2000	-0.26 (9)	-0.01 (6)	0.14 (9)	0.20 (6)
	2002	-0.11 (6)	-0.43 (6)	-0.35 (6)	-0.78 (6)
スカイゴールドン	2000	0.27 (9)	0.52 (6)	0.03 (9)	0.28 (6)
	2002	0.55 (6)	0.03 (6)	0.50 (6)	-0.62 (6)

()内の数字は調査数.

第5表 子実粗蛋白質含量と茎立期の葉色との相関(現地圃場)

品 種	年 度	相 関 係 数	
		葉 色	
あまぎ二条	2001	-	
	2002	0.71	(5)
ミカモゴールドン	2001	-	
	2002	0.21	(7)
スカイゴールドン	2001	0.86 **	(11)
	2002	0.04	(52)

** : 1%水準で有意. * : 5%水準で有意.

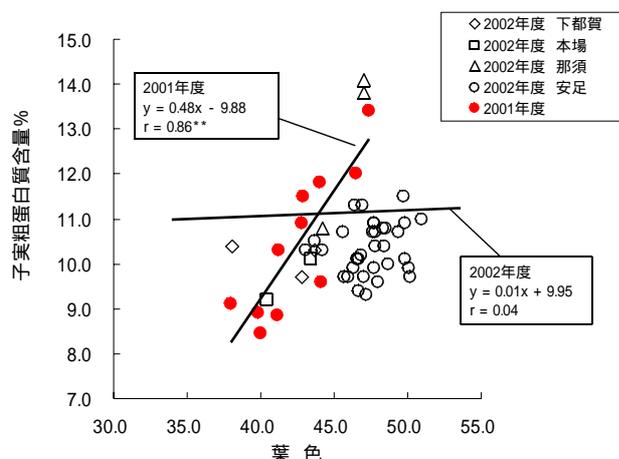
()内の数字は調査数.

第6表 子実粗蛋白質含量と茎立20日後の草丈, 葉色との相関(場内圃場)

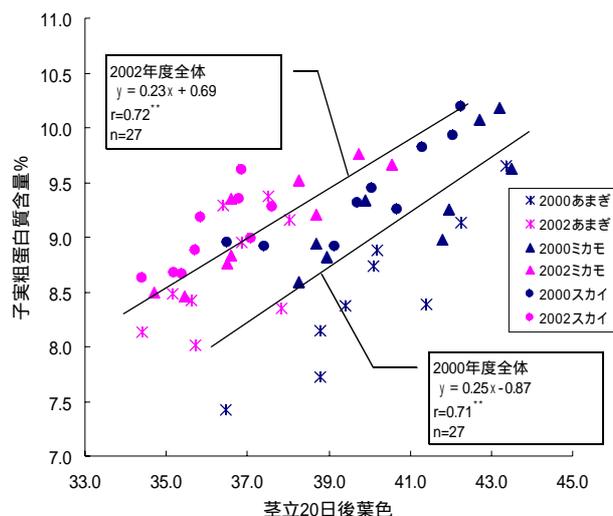
品 種	年 度	相 関 係 数	
		草 丈	葉 色
あまぎ二条	2000	0.25	0.92 **
	2002	0.04	0.61
ミカモゴールドン	2000	-0.14	0.83 **
	2002	0.41	0.90 **
スカイゴールドン	2000	0.00	0.88 **
	2002	0.13	0.78 *

** : 1%水準で有意. * : 5%水準で有意.

n=9.



第3図 スカイゴールドン現地栽培における茎立期の葉色と子実粗蛋白質含量との関係(2001,2002年度)



第4図 場内圃場における茎立20日後の葉色と子実粗蛋白質含量との関係(2000,2002年度)

試験2. 生育診断による子実粗蛋白質含量の推定

場内圃場の茎立期の調査項目では、いずれの項目においても子実粗蛋白質含量との間に有意な相関が認められなかった(第4表)。現地圃場における茎立期の葉色と子実粗蛋白質含量の関係を見ても、2001年度のスカイゴールドンにおいては有意な正の相関が認められたが、2002年度はあまぎ二条、ミカモゴールドンおよびスカイゴールドンの3品種とも相関は認められなかった(第5表)。調査数の多い2002年度のスカイゴールドンは地域別に見ても有意な相関はなかった(第3図)。一方、

場内圃場の茎立20日後では、草丈と子実粗蛋白質含量との間には2年間とも有意な相関が見られなかったが、葉色と子実粗蛋白質含量の間に、2000年度のあまぎ二条、2000・2002年度のミカモゴールドンおよびスカイゴールドンにおいて有意な正の相関が見られた(第6表)。そこで、場内圃場の2年間の実測データから回帰式を算出した結果、2000年度では $y = 0.25x - 0.87$ ($r = 0.71^{**}$)、2002年度では $y = 0.23x + 0.69$ ($r = 0.72^{**}$) が得られ、これによると、適正子実粗蛋白質含量値10.0~11.0%に収めるためには、茎立20日後の葉色が2000年度

の場合は43.5～47.5，2002年度では40.5～44.8であれば良いことが示された。

考 察

現在，本県におけるビール大麦栽培の指針としては，過去に高蛋白であった反省から窒素施肥を全量基肥とし，追肥は行わないよう指導を行っている。しかし，最近では低蛋白化も問題となってきた。子実粗蛋白質含量はビールの品質に重大な影響を及ぼすので，10.0～11.0%に品質基準が定められ，工業原料としてできる限りこの条件を満たすことが求められる⁹⁾。一方で追肥の抑制は栽培上の自由度を大きく制限することになり，収量的な観点から見ても必ずしも望ましい方策とはいえない⁷⁾。今後，品質基準がより厳しくなる可能性もあり，これに対応するためには汎用性を伴った子実粗蛋白質含量制御技術の確立が必要であると考えられる。本研究では，本県におけるビール大麦主要3品種を用いて，基肥量および追肥の各処理により，農業特性および麦芽品質の各形質に与える影響を明らかにし，生育診断による子実粗蛋白質含量推定の可否を検討した。

分肥は，追肥時期を遅くするほど穂数・1穂粒数が減少し，整粒歩合・千粒重が増加した。このことは，穂数・1穂粒数を確保するには基肥量が重要であることを意味する。また，後期に分肥(追肥)するほど登熟や粒張りを高める効果が大きいことが推測される。一方，基肥増量は千粒重増にはつながらないが，穂数・1穂粒数が増加し，増収した。これに対し，追肥によって増肥した場合は(追肥時期：茎立期)，穂数の増加は見られなかったが，1穂粒数・千粒重が大幅に増加し，基肥増量よりも増収効果が高かった。つまり，基肥を減量しても茎立期の追肥量を増量すれば，1穂粒数による粒数増加と粒重増加の両方が期待できる。麦芽品質に関しては，子実粗蛋白質含量を増加させるには，茎立期の分肥と基肥増量ではほぼ同等の効果が見られた。茎立20日後の分肥ではさらに高まり，茎立期分肥により増肥した場合とほぼ同等となった。野中⁶⁾は，追肥時期を12月中旬～4月初旬間の4回に分けて行った結果，特に4月(幼穂伸長期)追肥により子実粗蛋白質含量が高まると報告している。本研究でも茎立期の2kg/10a追肥よりも茎立20日後の2kg/10a追肥の方が高蛋白化の効果が大きく，野中の報告と一致した。さらに，追肥により麦芽エキス等の品質は低下したが，これは子実粗蛋白質含量の増加に伴うものであり，同一水準の粗蛋白質含量で比較す

ると，基肥のみと分肥の間で差がないことから，分肥によってある子実粗蛋白質含量まで引き上げても，基肥のみで引き上げても各麦芽品質項目に差は生じないと考えられた。しかし，追肥により麦芽品質に影響を及ぼさないと考えられるのは今回測定した項目に限ってであり，品質を制御すると考えられる他の要因，例えば追肥による子実内への物質転流の変化に伴うタンパクや糖の構造変化などに関しては未知であり，これらを明らかにするには今後詳細な解析が必要である。以上のことを総合すると，子実粗蛋白質含量を高める目的で追肥する場合，生育量がある程度確保されていれば，後期ほど高蛋白化が期待でき，逆に生育量が不足気味の時は，比較的早期(茎立期)の追肥が望ましいといえる。

子実粗蛋白質含量を制御するための追肥技術を普及させるには，生育診断技術の確立が不可欠である。葉色と子実粗蛋白質含量の関係は，茎立期では場内試験，現地圃場のいずれにおいても一定の関係が認められなかった。一方，茎立20日後においては有意な正の相関が認められた。2カ年の試験で得られた回帰式から推定すると，茎立20日後の葉色が43.5～45.0の範囲内であれば，子実粗蛋白質含量の適正值である10.0～11.0%に収めることができると考えられた。しかしながら，適正範囲と推測された葉色値には年次間変動が生じ，現時点では画一的な指標値にはなり得ない。倉井ら⁶⁾によれば，子実粗蛋白質含量は田畑や土壌統，前作によっても影響されると報告している。今回は生育指標値として，草丈，葉色，茎数および植物体窒素含有率を用いたが，その他にも，例えば近年では簡易測定キットで土壤硝酸態窒素量を簡便にかつ比較的高精度で測定することが可能である。今回は茎立20日後調査は場内のみで，現地圃場では行わなかったが，今後は茎立20日後を中心として場内および現地から様々な診断指標の累年データを積み重ね，より詳細に検討することにより，多様な生育・圃場条件に適應できる診断技術を確立することが重要である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり，現地調査に御協力頂いた各農業振興事務所および農業試験場本場作物経営部の関係者各位，試験圃場の管理並びに調査等に御協力頂いた栃木分場ビール麦研究室若槻淳技術員，麦芽品質の分析に御協力頂いた同ビール麦醸造用品質改善指定試験地ほかビール麦研究室の各位に心から感謝の意を表します。

引用文献

1. 藤井敏男・小林俊一・瀬古秀文(1984)オオムギ縞萎縮病抵抗性ビールムギ品種育成に関する研究4. 抵抗性系統の有用性. 育雑34(別1): 306-307
2. 福嶋禎久(2000)醸造の基本技術 - 大麦・麦芽(1). 日本醸造協会誌95(6): 395-403
3. 倉井耕一・藤井敏男・米内貞夫・湯沢正明・前波健二郎・石川成寿(1990)実態調査から見たビール麦の栽培条件と粗蛋白含量. 栃木農試研報37: 10-24
4. 倉井耕一・木村守・遠山明子(1998)小麦の追肥による生育パターンの変化と追肥技術への応用. 栃木農試研報47: 1-12
5. 中山保・藤平利夫(1961)栃木県における醸造用二条大麦の品質の実態調査. 栃木農試研報5: 83-106
6. 野中義郎(1963)醸造用二条大麦におよぼす時期別窒素追肥の影響について. 栃木農試研報7: 29-38
7. 佐々木昭博(1994)醸造用低蛋白二条オオムギの育成に関する育種学的研究. 栃木農試研報41: 1-49
8. 篠倉正住・浜地勇次・上野正市・矢野雅彦・森藤信治・木崎原千秋・小宮正寛(1982)ビール麦における晩期追肥と収量及び品質との関係. 福岡農総試研報A-1: 31-34
9. 栃木分場(1998)「品種改良のためのビール麦品質検定法(第3版)」
10. 氏原和人・藤井敏男・野沢清一・関口忠男・千葉恒夫(1984)大麦縞萎縮病とビールムギ品質. 育雑(別1): 302-303
11. 山野昌敏(1969)二条大麦における穀粒粗蛋白質含量の環境による変異について - 品質検定法確立のために - . 栃木農試研報13: 43-52