

酒造好適米「山田錦」の収量及び品質に及ぼす移植期と窒素施用の影響

前岡 庸介・金子 和彦・中野 邦夫・池尻 明彦*・陣内 暉久・有吉 真知子・中島 勘太

Effects of Transplanting Time and Nitrogen Application on the Yield and Quality of 'Yamadanishiki' Rice Variety of Suitable for Brewing

MAEOKA Yousuke, KANEKO Kazuhiko, NAKANO Kunio, IKEJIRI Akihiko,
JINNOUCHI Teruhisa, ARIYOSHI Machiko and NAKASHIMA Kanta

Abstract: We examined the effects of planting time, the amount of basal fertilizer applied, and the combinations and amounts of topdressing applied at the panicle formation stage on the production quality and quantity of 'Yamadanishiki' brewer rice to standardize these parameters. We established that the optimal planting time was 10 days around June 10, because later transplanting caused excessive spikelet formation and poor ripening. There was no difference in yield and quality when compared between nitrogen application rates of 0 kg/10a and 2 kg/10a as basal fertilizer. Topdressing at 20 days before heading was the most important, because the white core occurrence rate, whole grain formation rate, and number of spikelets formed tended to increase with fertilizer application. Finally, as a measure of the effectiveness of fertilizer application, we determined the SPAD value and the number of stems at the panicle formation stage to ensure kernel quality within grade one at inspection of agricultural products and a yield of over 420 kg/10 a.

Key Words: 'Yamadanishiki,' yield, kernel quality, transplanting times, nitrogen application

キーワード：山田錦、収量、玄米品質、移植期、窒素施用

緒言

山口県産日本酒の需要が高まり、課税数量は平成 25 酒造年度までの 5 年間で 2 倍以上に伸びたが、県内の酒米産地側の供給はこの伸びに対応できず、供給率は 70%程度に止まっていた。作付けが伸びない理由の一つに、「山田錦」は倒伏しやすい等、栽培が難しいとの認識から、栽培にはなかなか取り組まれなかったことが挙げられた。酒米の生産を新たに始める場合には、それが経営に十分メリットが生じること、併せて酒造メーカーが十分に利用できる品質が確保されていることが重要である。そこで筆者らは、2016 年度から「山田錦」の栽培特性や製品の品質を考慮した適切な栽培方法を明らかにすることとした。本研究では、具体的な目標として、収量 420 kg/10a 以上（篩目 2.0 mm）、検査等級 1 等以上を設定し、収量や品質に及ぼす移植時期および基肥と穂肥の施用の影響について検討した。さらに、酒造適性は精米性や吸水性、消化性等多

*現在：山口農林水産事務所

くの酒米の特性から判断される。その中で、栽培による変動が大きいものとして、玄米の充実など精米性に関わる整粒歩合、酒質に影響する玄米蛋白質含有率、製麴性等に関与する心白発現率がある。これらの酒造適性への穂肥の影響についても検討し、適切な施用方法を明らかにした。

材料および方法

1 栽培方法と試験区、調査方法

試験は「山田錦」を用いて、2016～2018 年に山口県農林総合技術センター（山口市大内氷上：標高 31 m）の地力が異なる 11-1 号田、11-2 号田、53 号田で行った。地力の高低は作土深、腐植含量、可給態窒素を勘察して 11-1 号田、11-2 号田を高地力ほ場、53 号田を地力中庸ほ場に分類した（第 1 表）。移植期の影響を検討するため、11-1 号田および 53 号田は「山田錦」の普通期にあたる 6 月 8 日または 9 日に移植（普通期植）

し、11-2号田は晩植とし6月22日または23日に移植を行った。それぞれのほ場に基肥の施用有無、穂肥1回目(穂肥Ⅰ)と穂肥2回目(穂肥Ⅱ)の施用量の組合せを変えて施用区を設けた(第2表、第3表、第4表)。試験区の配置は乱塊法とし、3反復(53号田は2反復)とした。基肥は移植3日前に行った植代の直前に施用し、穂肥の1回目は出穂前20日頃に、2回目は出穂前10日頃に施用した。リン酸とカリの施用量は、2016年はいずれも7kg/10aとし、2017年と2018年はリン酸を8kg/10a、カリを10kg/10aとした。植え付け後に各施用区の反復全てにおいて生育中庸な条から20株(平成30年は15株)を連続で抽出し、最高分げつ期、幼穂形成期、減数分裂期および穂前期に草丈、莖数を計測するとともに、ミノルタ葉緑素計SPAD-501で最高分げつ期、幼穂形成期および減数分裂期に完全展開第2葉中央部、穂前期には止葉中央部のSPAD値を測定した。成熟期には、生育調査を行った同じ株の穂数を計測し、倒伏程度を0(無)~5(全倒伏)の5段階で調査した後、各区60株を刈り取った。風乾後に脱穀、籾摺りを行って玄米の粒厚2.0mmで篩選、調製し、千粒重と収量を求めるとともに、SATAKE社製穀粒半別機で整粒歩合と心白発現率を測定し、さらに蛋白質含有率を山口県産業技術センターに依頼して分析(ケルダール法、置換係数6.25)した。㎡当たり籾数と登熟歩合は生育調査を行った株の穂数が平均値前後の3~4株を採取し、籾を外して計数して籾数を求め、籾摺り後2.0mmで篩って登熟歩合を求めた。

収量と千粒重は玄米水分を15%として換算し、玄米蛋白質含有率は乾物換算した。

2 各年の気象経過

各年の気温と日照時間を第5表にまとめた。気象データは山口のアメダス地点のデータを用いた。2016年は出穂期までは梅雨時期を除き、好天であったが、出穂後の9月は日照時間が少なかった。晩植の登熟期間は日照不足が著しかった。2017年は空梅雨で出穂期までは好天で、7月は高温傾向であったが、9月中旬に天候不順となり、特に晩植の登熟初期は日照時間が少なかった。2018年の6月は梅雨傾向であったが、7月に入ると平年よりもかなり早く梅雨が明けたため、7月から8月にかけては好天で気温もかなり高かった。9月に入ると気温が下がり、日照時間も少なくなった。

第1表 供試ほ場の化学性(2018年)

ほ場名	地力	作土深 cm	pH	CEC me	T-N %	腐植	可給態
						含量 %	窒素 mg/100g
11-1	高	18.6	6.0	11.2	0.22	4.31	15.9
11-2	高	22.0	6.0	11.8	0.23	4.70	14.6
53	中庸	14.2	6.1	11.8	0.15	2.87	7.3

注) いずれのほ場も礫質灰色低地土・砂壤土

第2表 普通期植高地力ほ場における窒素施用区の基肥と穂肥の施用量、設置年次

基肥	窒素施用量(kg/10a)		試験区設置年次		
	穂肥Ⅰ	穂肥Ⅱ	2016	2017	2018
0	0	0	×	○	○
0	1	1	○	×	×
0	2	2	○	×	×
2	0	0	×	○	○
2	2	0	○	○	○
2	0	2	○	○	○
2	1	1	○	○	○
2	2	2	○	○	○

第3表 普通期植地力中庸ほ場における窒素施用区の基肥と穂肥の施用量、設置年次

基肥	窒素施用量(kg/10a)		試験区設置年次		
	穂肥Ⅰ	穂肥Ⅱ	2016	2017	2018
0	0	0	○	○	○
0	2	0	○	○	○
0	0	2	×	×	○
0	4	0	×	○	×
2	0	0	○	○	○
2	2	0	○	○	○
2	0	2	×	○	○
2	1	1	×	○	×
2	2	2	○	○	○
2	4	0	○	×	×

第4表 晩植高地力ほ場における窒素施用区の基肥と穂肥の施用量

基肥	窒素施用量(kg/10a)		試験区設置年次		
	穂肥Ⅰ	穂肥Ⅱ	2016	2017	2018
0	0	0	×	○	○
0	2	0	○	○	○
0	0	2	○	×	×
0	2	2	○	○	○
2	2	2	○	○	○

第5表 生育期間の気象と日照時間

年	移植期	日平均気温(°C)				日照時間(hr/日)	
		分げつ期 ^z	ラグ期 ^y	幼穂 発育期 ^x	登熟 初期 ^w	登熟初期	登熟初期
2016	普通期植	25.5	28.7	29.4	25.1	3.6	
	晩植	26.6	29.6	27.6	24.9	2.9	
2017	普通期植	25.2	29.7	28.8	25.1	5.6	
	晩植	27.8	29.9	28.1	23.5	3.7	
2018	普通期植	25.1	30.3	29.3	25.3	3.5	
	晩植	27.8	29.3	28.9	23.8	2.6	

^z 移植日~最高分げつ期

^y 最高分げつ期~幼穂形成期(幼穂長の目安5mm)

^x 幼穂形成期~出穂日

^w 出穂日~出穂20日

結 果

1 移植時期の影響

1) 普通期植と比較した晩植の生育

同一施用水準の区について年次ごとに移植期で比較した。

2016年の試験では、幼穂形成期で比較すると晩植の茎数は500本/㎡以上となり、普通期植よりも1割以上多かったが、㎡当たり穂数には差がなかった。SPAD値も3ポイント高かったが、減数分裂期には差がなくなり、穂揃期には逆転し普通期植が42.2に上がったため、差は約4ポイントとなった(第6表)。倒伏程度は普通期植に比べて有意に大きく、晩植では穂先が地面に付く程度であった。1穂籾数が有意に少なく、㎡当たり籾数は少ない傾向があった。いずれも有意ではなかったが、移植期ごとの平均値を比較すると晩植では千粒重は0.8g軽く、登熟歩合が11ポイント低く、収量は10%程度少なかった。整粒歩合は4%程度低かったものの、心白発現率は高い傾向があった(第7表)。

2017年の晩植は0-0-0区、2-2-2区のいずれも移植直後から旺盛な生育となり、SPAD値にはすべてのステージで有意差があり、幼穂形成期で4~6ポイント、減数分裂期で4ポイント程度、穂前期で2ポイント程度普通期植に比べて高かった。穂数は移植時期による差がなかったが、倒伏は晩植で大きくなる傾向があった(第8表)。晩植で1穂籾数と㎡当たり籾数は2割程度多かったが、登熟歩合は15ポイント以上低下する傾向となり収量にはばらつきがみられたため、有意差が認められなかった。整粒歩合と心白発現率は普通期植よりも有意に低下し、いずれも25ポイント以上の差が認められた。玄米蛋白質含有率も同一施用水準では高かった(第9表)。

2018年の晩植は基肥窒素無施用の区でも分けつの発生は旺盛で幼穂形成期では茎数は有意に2割以上多く、SPAD値は有意に高かった。減数分裂期と穂前期にはSPAD値は逆に有意に低くなった(第10表)。また、普通期植よりも穂数が多い傾向であったが、1穂籾数が少ない傾向が認められ、収量は少なかった。検査等級はやや良かった(第11表)。

第6表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の生育に及ぼす影響(2016年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値		出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	穂数 (本/㎡)	
		茎数 (本/㎡)	SPAD 値	減数 分裂期	穂揃 期					
普通期植	0-2-2	454	34.1	36.8	42.2	8/23	10/2	2.5	b	343
晩植	0-2-0	528	37.2	36.6	36.2	9/1	10/14	3.4	a	371
	0-0-2	503	36.5	36.4	39.0	9/1	10/14	3.4	a	377
	0-2-2	522	37.3	36.8	37.8	9/1	10/15	3.4	a	357
	2-2-2	513	37.6	36.8	38.7	9/1	10/15	3.6	a	376
分散分析 ^z		ns	ns	ns	ns	-	-	*		ns

^z 分散分析の*、**はそれぞれ危険率5%水準、1%水準で有意差があることを、nsは示す
数値の右に付した異なる英文字間にはTukeyの多重比較により危険率5%水準で有意差があることを示す
第7表~第21表まで同じ

第7表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響(2016年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	千粒 重 (g)	1穂 籾数	㎡当たり 籾数 (×100)	登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級	
普通期植	0-2-2	617	509	28.2	78.2	a	269	69.0	66.0	65.5	7.9	1上、1下、2
晩植	0-2-0	550	442	27.3	65.4	bc	243	60.7	61.8	77.8	7.9	1中、1中
	0-0-2	549	421	27.3	68.5	c	258	49.5	55.5	81.7	8.0	1中、2
	0-2-2	566	462	27.4	70.6	bc	252	57.8	61.8	80.2	8.1	1下、2
	2-2-2	555	433	27.3	72.9	b	274	64.3	59.5	83.6	8.4	2、2
分散分析		ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	-	

第8表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の生育に及ぼす影響 (2017年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値				出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	穂数 (本/m ²)	
		茎数 (本/m ²)	SPAD 値	減数 分裂期	穂揃 期							
普通期植	0-0-0	405	36.0	c	32.4	d	31.9	d	8/22	9/30	0.5	310
	2-2-2	407	36.8	c	35.6	c	37.5	b	8/23	10/4	2.0	329
晩植	0-0-0	435	41.8	a	37.2	b	34.1	c	8/30	10/13	2.0	319
	0-2-0	449	41.9	a	39.0	a	36.5	b	8/31	10/14	2.5	321
	0-2-2	459	40.2	b	39.2	a	39.9	a	8/30	10/15	2.3	338
	2-2-2	472	41.0	ab	39.5	a	39.7	a	8/30	10/15	2.5	325
分散分析		ns	*		*		**		-	-	ns	ns

第9表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響 (2017年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	千粒 重 (g)	1穂 粒数	m ² 当たり 粒数 (×100)		登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級	
普通期植	0-0-0	473	444	28.4	55.6	c	173	d	84.8	78.8 a	64.5 a	6.8	d特、1
	2-2-2	573	537	29.2	59.5	c	196	cd	86.5	73.0 a	63.9 a	7.4	c特、1
晩植	0-0-0	557	489	28.1	69.2	b	221	bc	69.0	52.1 b	38.8 b	7.4	c 1、2
	0-2-0	567	486	28.1	72.2	ab	231	ab	70.4	44.7 bc	34.0 bc	7.9	b 2、3
	0-2-2	582	491	28.5	76.7	a	259	a	47.8	41.0 c	32.3 bc	8.6	a 2、3
	2-2-2	560	464	28.0	77.0	a	250	ab	62.1	37.9 c	30.6 c	8.5	a 3
分散分析		ns	ns	ns	*		**	ns	**	*	**	-	

第10表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の生育に及ぼす影響 (2018年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値				出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	穂数 (本/m ²)		
		茎数 (本/m ²)	SPAD 値	減数 分裂期	穂揃 期								
普通期植	0-0-0	374	c	33.6	a	31.7	bc	34.8	bc	8/27	10/13	0	268
	2-2-2	385	c	34.2	c	35.1	a	40.1	a	8/26	10/14	0	294
晩植	0-0-0	446	b	35.1	d	29.0	c	34.0	c	9/1	10/15	0	281
	0-2-0	475	ab	34.8	ab	34.3	b	36.6	ab	9/1	10/15	0	314
	0-2-2	447	b	34.9	abc	33.4	a	39.9	b	9/1	10/20	0	300
	2-2-2	484	a	36.2	bc	32.8	a	39.0	ab	9/1	10/20	0	328
分散分析		*		*		**		**		-	-	ns	ns

第11表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響 (2018年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	千粒 重 (g)	1穂 粒数	m ² 当たり 粒数 (×100)		登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級		
普通期植	0-0-0	466	bc	402	bc	27.7	b	66.9	187	68.8	74.5	59.9 a	7.2	b 1下
	2-2-2	540	a	471	a	28.7	a	72.4	212	72.1	73.2	65.3 ab	8.0	a 1上
晩植	0-0-0	426	c	373	c	27.7	b	57.8	170	77.9	74.7	64.1 abc	7.2	b 特、1下
	0-2-0	494	ab	429	ab	28.2	ab	64.4	200	73.9	69.4	61.2 ab	7.5	b 特
	0-2-2	481	b	424	b	28.6	a	59.8	178	79.0	74.2	67.8 c	8.3	a 特
	2-2-2	502	ab	438	ab	28.5	a	63.5	203	72.7	73.2	68.7 c	8.3	a 特、1下
分散分析		*		*		**		ns	ns	ns	ns	*	**	-

2) 晩植における窒素施肥

2016年は、幼穂形成期の茎数、SPAD値の推移には、基肥窒素量による差はなかった(第6表)。また、倒伏程度には、穂肥窒素の施用量および施用時期による差はなかった。1穂粒数は穂肥を2回施用すると多くなったが、穂数と m^2 当たり粒数に差はなかった。収量は穂肥施用量および施用時期による差はなかったものの、減数分裂期に穂肥を2kg施用した0-0-2区で登熟歩合が低く、収量が低い傾向があった。心白発現率に差はなかったものの、整粒歩合が0-0-2区で低い傾向があった。玄米蛋白質含有率には穂肥施用量および施用時期による差はなかった(第7表)。

2017年は、標準とした基肥及び穂肥2回施用区が最も生育が旺盛で粒数も多かったが、登熟歩合が低下して、収量は基肥無施用区より少なくなった。穂肥IIを施用した区は m^2 当たり粒数の増加傾向が認められ、整粒歩合と心白発現率が低くなる傾向が見られた。玄米蛋白質含有率は穂肥の施用に関係なく7.0%を超えたが、穂肥IIの施用で有意に高まった(第9表)。

2018年は2-2-2区で穂前期のSPAD値が高くなり、一穂粒数が増加する傾向が認められた(第10表、第11表)。検査等級には基肥や穂肥による影響は認められなかった。玄米蛋白質含有率は2017年と同様に穂肥IIの施用で有意に高まった。

2 基肥の窒素施用量と地力に対する反応

2016年は、ほ場の肥沃度にかかわらず、茎数、穂数は基肥窒素0kg区と2kg区で同等が確保され、収量には基肥窒素施用量による差はなかった(第12表)。

2017年は、両ほ場において、基肥窒素2kg区が0kg区よりも最高分けつ期と幼穂形成期の茎数が多かった。収量は同等で、基肥窒素の影響は見られなかった(第13表)。

2018年は、地力が高いほ場では、基肥窒素2kg区が0kg区よりも分けつ期の生育が良好であったが、地力中庸ほ場では違いは見られなかった。いずれのほ場でも、穂数増への効果は有意ではなく、収量は同等となり、基肥窒素の影響は見られなかった(第14表)。

第12表 基肥窒素施用量が「山田錦」の生育、収量に及ぼす影響(2016年)

ほ場 (地力)	基肥窒素 施用量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/ m^2)	幼穂形成期		倒伏 (0-5)	穂数 (本/ m^2)	収量 (kg/10a)
			茎数 (本/ m^2)	SPAD 値			
53 (中庸)	0	441	360	29.6	0.7	254	402
	2	447	378	29.9	0.7	260	390
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns
11-1 (高)	0	522	455	33.5	2.3	347	507
	2	525	430	34.2	2.5	337	495
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns

注) データは穂肥窒素施用量が、53号では0-0と2-0、11-1号では1-1と2-2の平均値
各ほ場とも分散分析では表中の項目に穂肥による影響がなかったため平均した
第13表、第14表も同じ

第13表 基肥窒素施用量が「山田錦」の生育、収量に及ぼす影響(2017年)

ほ場 (地力)	基肥窒素 施用量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/ m^2)	幼穂形成期		倒伏 (0-5)	穂数 (本/ m^2)	収量 (kg/10a)
			茎数 (本/ m^2)	SPAD 値			
53 (中庸)	0	348	346	35.0	0.5	288	440
	2	400	375	32.6	1.0	322	448
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns
11-1 (高)	0	437	405	36.0	0.5	310	444
	2	445	422	36.6	1.0	331	448
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns

第14表 基肥窒素施用量が「山田錦」の生育、収量に及ぼす影響(2018年)

ほ場 (地力)	基肥窒素 施用量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/ m^2)	幼穂形成期		倒伏 (0-5)	穂数 (本/ m^2)	収量 (kg/10a)
			茎数 (本/ m^2)	SPAD 値			
53 (中庸)	0	368	343	30.0	0	254	341
	2	368	343	30.0	0	254	341
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns
11-1 (高)	0	416	374	33.6	0	268	402
	2	437	366	33.9	0	269	409
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns

3 穂肥の窒素施用量と地力に対する反応

2016年は、地力中庸ほ場では穂肥Ⅰに2 kgあるいは4 kgを施用した区(2-0区、2-2区および4-0区)で稈長が長くなったが、倒伏は軽微であった。高地力ほ場の倒伏は少程度であったが、穂肥ⅠとⅡに2 kg施用した区(2-2区)でその程度は大きい傾向があった(第15表)。中庸ほ場では、穂肥Ⅰに2 kgを施用した区(2-0区)で、穂肥無施用区(0-0区)に比べて籾数が多く、千粒重が重くなることで、収量420 kg/10aを超えた(第16表)。高地力ほ場の収量は、いずれの区も420 kg/10a以上であった。2-2区で籾数が多く、収量は多かったが、整粒歩合が低い傾向があり、玄米蛋白質含有率は高かった。穂肥の総窒素量を2 kgとした区と比較すると、籾数に差はなかったものの、穂肥Ⅱに2 kgを施用した区(0-2区)に比べて、2-0区と穂肥ⅠとⅡに1 kgを施用した区(1-1区)で登熟歩合が高く、収量は多かった。

2017年の中庸ほ場は、2-2区で穂揃期のSPAD値が高く稈長が長くなり(第17表)、収量は最も多い傾向であった。(第18表)。総窒素量2 kg区と比較すると生育や収量、収量構成要素には大きな差はなかった。高地力では中庸ほ場同様に2-2区で穂揃期のSPAD値が高く稈長が長く、収量は最も多い傾向であった。総窒素量2 kgの区では2-0区が減数分裂期から穂揃期にかけてSPAD値が高くなり、1穂籾数と㎡当たり籾数が多くなり、多収となる傾向が認められた。

2018年は生育のばらつきが大きかったため(第19表)、穂肥の施用法による収量構成要素への影響は検出できなかったものの、穂肥窒素施用量を多くすると、穂数、一穂籾数が増加する傾向があり、収量は有意に増加した(第20表)。穂肥1回目と2回目の施用の効果は、ほ場間で傾向が異なった。玄米蛋白質含有率は、穂肥量は多いほど、施用時期は遅いほど明らかに増加した。

第15表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の生育に及ぼす影響(2016年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	幼穂形成期			SPAD値		出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)			
		草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)	SPAD 値	減数 分裂期	穂揃期									
53 (中庸)	0-0	77	364	29.5	28.7	c	31.6	c	8/23	9/30	0.4	95	d	21.0	254
	2-0	79	392	30.3	34.1	b	35.7	b	8/23	10/2	1.1	101	c	21.4	267
	2-2	79	380	30.7	34.9	b	41.9	b	8/23	10/3	1.4	102	a	22.9	266
	4-0	80	375	30.4	38.8	a	38.9	a	8/23	10/3	1.3	104	b	22.0	280
	分散分析	ns	ns	ns	**	**	-	-	ns	*	ns	ns	ns		
11-1 (高)	0-2	86	454	34.5	32.1	c	38.5	b	8/23	10/2	2.2	111	ns	21.2	341
	2-0	87	426	33.2	35.9	ab	37.5	b	8/23	10/1	2.2	110	ns	21.5	343
	1-1	86	425	34.7	34.4	b	38.5	b	8/23	10/2	2.1	111	ns	21.5	341
	2-2	87	436	33.7	36.5	a	41.3	a	8/23	10/2	2.9	112	ns	21.8	344
	分散分析	ns	ns	ns	**	*	-	-	ns	ns	ns	ns	ns		

注) 各ほ場とも基肥窒素は2 kg/10a施用した
第16表~第20表も同じ

第16表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響(2016年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量		千粒 重 (g)	1穂 籾数	㎡当たり 籾数 (×100)	登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級			
			(kg/10a)	(kg/10a)											
53 (中庸)	0-0	437	c	359	b	27.3	b	73.2	185	70.5	75.2	58.4	6.7	1上、1上	
	2-0	508	b	420	a	28.0	ab	78.4	209	71.4	75.6	65.8	6.9	特、1上	
	2-2	560	a	445	a	28.2	ab	85.6	227	67.5	73.4	68.7	7.4	1上、1上	
	4-0	543	a	460	a	28.5	a	78.6	220	72.9	77.9	71.4	7.2	-	
	分散分析	**	**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
11-1 (高)	0-2	602		460	b	27.6		73.9	252	64.5	37.5	51.4	b	7.5	b 1上、1上、1中
	2-0	602		498	a	27.8		74.7	255	71.4	66.5	61.5	a	7.3	b 1上、1上、2
	1-1	597		487	a	28.1		75.3	257	68.6	68.2	61.5	a	7.2	b 1上、1上、1下
	2-2	618		503	a	27.9		77.9	268	68.6	60.1	62.5	a	8.0	a 1上、1中、2
	分散分析	ns		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*		

酒造好適米「山田錦」の収量及び品質に及ぼす移植期と窒素施用の影響

第17表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の生育に及ぼす影響 (2017年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値		出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)					
		草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	SPAD 値	減数 分裂期							穂揃期				
53 (中庸)	穂 I-II															
	0-0	78	375	32.6	31.3	c	31.7	c	8/23	10/2	0.8	b	99	18.1	b	322
	2-0	79	357	33.8	37.3	a	36.8	b	8/23	10/3	1.8	a	103	20.4	a	309
	0-2	78	352	33.0	31.5	c	37.1	b	8/23	10/3	2.0	a	103	19.9	a	306
	1-1	80	365	33.1	35.0	b	37.0	b	8/23	10/3	1.8	a	104	19.9	a	319
	2-2	79	370	33.1	37.2	a	40.0	a	8/23	10/4	2.0	a	107	20.3	a	331
	分散分析	ns	ns	ns	**	**	*	-	-	**	ns	**	ns			
11-1 (高)	0-0	87	422	36.6	32.2	c	31.9	d	8/22	10/1	1.0	b	103	18.0	c	331
	2-0	87	426	37.5	36.1	a	35.0	c	8/22	10/3	2.0	a	105	19.1	a	342
	0-2	87	417	37.9	33.0	bc	36.1	b	2/23	10/3	2.0	a	107	18.7	b	334
	1-1	86	422	36.6	34.0	b	35.9	bc	8/23	10/3	2.2	a	107	19.0	a	326
	2-2	86	407	36.8	35.6	a	37.5	a	8/23	10/5	2.0	a	109	19.5	a	329
	分散分析	ns	ns	ns	**	**	*	-	-	**	**	*	ns			

第18表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響 (2017年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	千粒 重 (g)	1穂 粒数	m ² 当たり 粒数 (×100)	登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級				
												穂 I-II			
53 (中庸)	0-0	489	448	b	27.5	b	58.0	b	187	b	81.3	76.2	55.6	6.2	特、1
	2-0	540	494	ab	28.0	ab	68.2	a	211	ab	79.4	76.5	61.4	6.6	特、1
	0-2	532	490	ab	28.2	ab	67.9	a	208	ab	76.4	76.5	64.4	6.8	特
	1-1	524	501	ab	28.3	a	67.6	a	215	a	81.3	77.1	62.8	6.6	特、1
	2-2	571	523	a	28.5	a	67.3	a	222	a	76.9	75.0	67.0	7.1	特
	分散分析	ns	*	**	*	*	ns	ns	ns	**					
11-1 (高)	0-0	480	c	448	c	28.4	52.4	173	b	85.5	79.9	62.7	6.9	c	特
	2-0	538	ab	507	ab	28.8	58.5	200	ab	85.5	78.0	63.2	7.1	b	特、1
	0-2	524	ab	495	b	29.1	57.4	191	ab	87.4	80.1	68.8	7.2	b	特
	1-1	559	ab	527	a	28.8	57.7	188	ab	85.3	77.1	66.2	7.1	b	特、1
	2-2	573	a	537	a	29.2	59.5	196	a	86.5	73.0	63.9	7.4	a	特、1
	分散分析	**	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	**				

第19表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の生育に及ぼす影響 (2018年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値		出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)				
		草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	SPAD 値	減数 分裂期							穂揃期			
53 (中庸)	穂 I-II														
	0-0	71	345	31.1	28.0	34.1	c	8/28	10/13	0	95	b	18.5	c	241
	2-0	70	323	29.5	31.7	37.5	b	8/28	10/13	0	98	b	19.6	b	255
	0-2	70	332	29.6	30.9	37.9	b	8/29	10/13	0	98	ab	20.1	ab	252
	2-2	70	349	29.9	34.3	41.1	a	8/28	10/14	0	102	a	20.8	a	269
	分散分析	ns	ns	ns	ns	**	**	*	-	-	**	**	ns		
11-1 (高)	0-0	74	366	33.9	31.2	b	34.2	c	8/27	10/13	0	100	18.8	b	269
	2-0	73	365	32.9	34.4	a	36.9	b	8/26	10/13	0	101	19.3	b	273
	0-2	75	371	34.3	30.8	b	38.4	a	8/26	10/13	0	105	19.6	a	283
	1-1	74	412	34.0	34.4	a	37.6	b	8/27	10/13	0	103	20.0	ab	290
	2-2	74	385	34.2	35.1	a	40.1	a	8/26	10/14	0	105	20.4	a	294
	分散分析	ns	ns	ns	**	**	*	-	-	-	ns	*	ns		

第20表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響 (2017年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	同左 比率 (%)	千粒 重 (g)	1穂 粒数	m ² 当たり 粒数 (×100)	登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級				
													穂 I-II			
53 (中庸)	0-0	375	b	308	c	78	27.3	b	65.5	163	68.1	77.4	65.1	6.7	c	1上、1下
	2-0	416	b	346	b	87	28.3	a	71.8	185	64.4	76.7	67.2	6.9	bc	特、1下
	0-2	416	b	337	b	87	27.7	ab	74.3	189	61.1	77.0	68.5	7.2	ab	1上、1下
	2-2	478	a	381	a	100	28.0	ab	73.5	194	65.2	75.1	68.7	7.5	a	1下、2上
		分散分析	*	**	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*			
11-1 (高)	0-0	473	409	c	88	27.7	69.3	190	72.1	75.1	61.1	bc	7.0	b	1上、1上、1中	
	2-0	492	421	bc	91	28.3	71.9	196	71.4	72.9	59.7	c	7.2	b	1上、1下、2上	
	0-2	524	444	ab	97	28.5	72.2	205	70.7	74.9	64.4	a	7.8	a	特、1上、1上	
	1-1	509	426	bc	94	28.4	70.5	204	70.9	72.7	60.4	c	7.3	b	1上、1上、1下	
	2-2	540	471	a	100	28.7	72.4	212	72.1	73.2	65.3	a	8.0	a	特、1上、1上	
	分散分析	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**					

考 察

1 晩植に対する適性と移植適期

「山田錦」の晩植に対する適性を検討し、移植適期の確認を行った。

晩植では3年間を通じて移植後の分けつが旺盛で、葉色も比較的高く維持されて穂数の確保が容易であった。山本ら(1993)は、代かき時の入水から地力窒素の無機化が漸次的に多くなり、温度と無機化量の間には相関があると報告している。また、安藤ら(1988)は移植後が高温になりやすい晩植で十分な窒素の供給があり、吸収量が増加すると述べている。本試験においても、晩植では普通期植よりも移植後の気温が高かったため、活着が早まるとともに、地力窒素の無機化が多くなり、窒素吸収量が増加して穂数確保につながったものと考えられる。

田中ら(2010)は、適正な籾数レベルの範囲内では、移植時期を遅らせると地力窒素の吸収が多くなって栄養条件が良好になることや、肥沃度が高いほ場では、幼穂形成期から穂揃期の期間で窒素吸収量が多くなることから、晩植と基肥の削減を組み合わせることで検査等級が向上すると述べている。本試験の「山田錦」では、基肥を施用しない0-2-2区と施用した2-2-2区の比較では整粒歩合に差はみられなかった。むしろ、2017年の晩植のように基肥を施用しない場合でも幼穂形成期の茎数やSPAD値の高さが示すように普通期植よりも窒素の供給が増大することで、籾数が過剰となり、倒伏が大きくなることがあった。

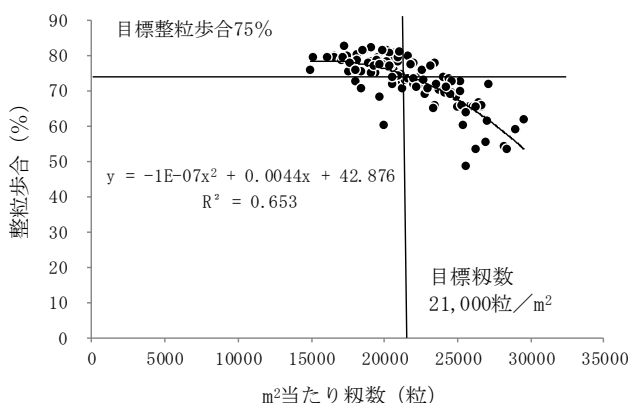
2016年と2017年は普通期植に比べて、千粒重が軽く登熟歩合が低い傾向があり、収量は普通期植に比べて10%程度減少した。整粒歩合も同様に低く、心白粒の発現も悪くなるなど登熟形質や品質が優れなかつ

た。また、玄米蛋白質含有率は、晩植で高くなる傾向があり、穂肥の2回目を施用すると8.0%を超えることも多かった。今野(1990)は、登熟前半の遮光処理で玄米千粒重が軽くなり、収量は減少し、玄米および白米の粗蛋白質含有率の増加が認められたとしている。山口県では、秋雨前線が停滞する時期が、9月中旬または下旬のいずれかであることが多く、この時期の日照時間が少なくなることがある。2017年の晩植では出穂日から出穂後20日までの日照時間が普通期植よりも極端に少なく、登熟形質や品質の悪化は、この気象条件の影響をより強く受けた可能性が高い。他の2か年も晩植では普通期植に比べて日照時間が少ないことから、同様の状況が生じるリスクがあった。

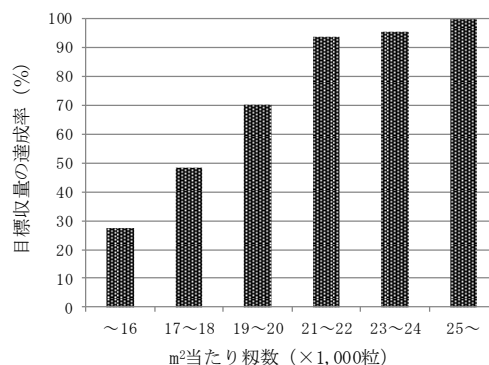
本県酒造組合では玄米蛋白質含有率に関して6.9%(乾物ベース)以下が最も望ましいが、これを超える場合でも上限を7.9%としている。移植期による収量低下や玄米蛋白質含有率超過のリスクを軽減するためには、県下の各地域での試作等による確認が必要であるが、試験の結果からは平坦部における移植適期の目安は6月10日を中心とする10日間とみるべきであろう。目標収量と品質を達成した施用区から判断すると、地力が高いほ場で晩植する場合は、適切な基肥施用により生育を初期調整するとともに、穂肥は2回とも施用しないか、または幼穂形成期の穂肥1回に留めるべきである。

2 「山田錦」の籾数確保の目安

収量および品質目標達成のための栽培基準の作成に当たり、移植適期と考えられた普通期植における栽培管理のための目安となる適正籾数を検討した。㎡当たり籾数と整粒歩合との間には、籾数が多くなるに伴い、整粒歩合が低くなる関係が認められ、その関係は二次



第1図 「山田錦」の整粒歩合と㎡当たり籾数の関係(2016~2018年普通期植)



第2図 「山田錦」の㎡当たり籾数と収量目標達成率(2016~2018年普通期植)

酒造好適米「山田錦」の収量及び品質に及ぼす移植期と窒素施用の影響

関数で近似できる回帰式で表された（第1図）。農産物検査において酒造好適米の1等の品位として、整粒歩合の最低限度が70%と定められているが、回帰式の誤差（RMSE = 4.2）を考慮して1等の限度よりもやや高い整粒歩合75%に目標を設定すると、これを達成するための籾数は21,000粒/㎡と算出された。また、3か年の全試験区の目標収量（420 kg/10a）の達成率を籾数の範囲ごとにみると、籾数が21,000粒/㎡を超えるとほぼ目標に達した（第2図）。したがって、目標とする収量と品質を達成するための最適な籾数は、21,000粒/㎡程度と考えられた。さらに、試験3か年のうち籾数が19,000粒/㎡以上21,000粒/㎡未満の試験区の条件をみると、目標が未達成であったのは、ラグ期から出穂期までが高温で経過した2018年の地力中庸ほ場の試験区がほとんどであり、その区の幼穂形成期のSPAD値は高温の影響で著しく低かった。松永ら（2017）は「ヒノヒカリ」が出穂期後20日間の平均気温が26℃以上の高温に遭遇した場合には、穂揃期の葉色が淡く栄養条件不良で登熟が悪くなり、このような年には栄養条件を向上させるための追肥が有効であることを示した。同じ中生品種の「山田錦」でも同様の傾向を示したことから、高温時には葉色等に配慮し、追肥等の適切な管理を行う必要がある。

この検討に用いたデータは山口県山口市大内（標高33 m）で取得したものであることから、山口県平坦部における適正籾数の目安と考えられる。また、今野ら（1990）は、登熟期の日照時間は収量・品質に影響を及ぼすことから、適正籾数の設定に当たっては各地域の日照条件にあった籾数を確保する必要があると述べている。したがって、本県の他の地域における適正籾数については、確認が必要である。

3 普通期植の基肥施用

基肥の施用有無が「山田錦」の生育、収量に及ぼす影響について検討した。地力中庸ほ場、高地力ほ場とも基肥窒素量を2 kg/10aにした場合、幼穂形成期の茎数は多く、SPAD値は高くなったが、施用量の違いによる収量や収量構成要素への影響は検出されなかった。

「山田錦」の場合、基肥は生育のスターターとしての効果はあるが、穂数確保や生殖成長にはあまり寄与しないと考えられるので、今後、基肥施用の必要性を現地等の栽培を確認し検討する必要がある。しかしながら、苗の活着期が低温時期にあたる中山間部などでは初期生育確保のために基肥窒素の施用は必要と考えられ（高橋ら、1976）、この点についても検討が必要である。

第21表 「山田錦」の地力差があるほ場における穂肥施用法が収量および収量構成要素に及ぼす効果

ほ場地力	穂肥体系区 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	㎡当たり 籾数 (×100)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	整粒歩合 (%)	心白発現率 (%)
中庸	0-0区	387	181	27.5	73.9	76.3	59.7
	0-2区	107	110	101	93	101	111
	2-0区	106	110	102	97	100	109
	2-2区	115	118	103	96	98	114
	4-0区	124	127	103	100	96	106
分散分析	2016年	**	ns	*	ns	ns	ns
	2017年	*	*	*	ns	ns	ns
	2018年	**	ns	**	ns	ns	ns
高地力	0-0区	435	193	27.8	75.4	75.6	57.3
	0-2区	107	112	102	98	98	107
	2-0区	109	112	102	101	96	107
	1-1区	111	111	102	101	96	109
	2-2区	116	117	103	101	91	111
分散分析	2016年	*	ns	ns	ns	ns	*
	2017年	**	*	ns	ns	ns	ns
	2018年	*	ns	ns	ns	ns	*

注) 穂肥の体系は穂肥1回目（出穂前20日）と穂肥2回目の窒素施用量である。穂肥効果は0-0区を100とし、各々の穂肥体系区の比率である。地力中庸ほ場の4-0、0-2は2か年の平均である

4 普通期植の穂肥施用

移植適期と考えられた普通期植（6月8日植）における穂肥の施用効果と施用基準等について検討した。まず、穂肥の施用効果を明らかにするために、試験を実施した3か年のそれぞれの穂肥の組み合わせにおける収量形質と品質データの平均と分散分析の結果を表にして検討した（第21表）。収量に関しては地力中庸ほ場では、いずれの年も穂肥施用で有意差が検出され、収量に影響したと考えられる要因は2016年と2018年は千粒重、2017年は m^2 当たり籾数の影響によるものであった。高地力ほ場では、収量に対する効果は2017年のみで認められ、また、地力に関わらず m^2 当たり籾数を増加させる効果は3年間いずれの年次でも穂肥1回目と2回目とも同等であった。

古味・坂田（1999）は、酒造用原料米として重要な千粒重と収量に影響する m^2 当たり籾数との関係を検討し、籾数が20,000粒/ m^2 以下であれば穂肥施用によって籾数は多く、千粒重は重くなって収量向上に結び付き、籾数が超過すると千粒重は軽くなることを報告している。本試験の地力中庸なほ場では元々の籾数レベルが低いことから、穂肥施用によって籾数が増えるとともに、充実も促進されたことで千粒重は重くなり収量が向上したものと考えられる。一方、高地力ほ場では穂肥施用による籾数の増加は検出されたが、千粒重に関しては効果ははっきりしなかった。これはほ場の養分供給力が高く、籾数が確保しやすい状況であったため、すでに籾数の目安を超過しており、穂肥施用により、玄米の充実促進効果が期待できるレベルではなかったと考えられたことから、このようなほ場では、穂肥の過剰施用には注意する必要がある。

心白粒の発現については手塚・宮島（1977）は心白発現率と玄米千粒重に正の相関を認めている。杉浦ら（2001）は種々の文献から千粒重を重くするためには

減数分裂期を中心とした時期の環境や栄養が影響し、幼穂形成期以前の窒素追肥は千粒重を軽くし、心白発現率を低下させると仮定して、酒造好適米「夢山水」で確認を行ったところ、穂肥施用時期は千粒重のみに影響したとしている。本試験では、幼穂形成期と減数分裂期の穂肥施用による千粒重への影響は前述のとおりであったが、心白発現率は地力によらず向上する傾向があり、高地力ほ場では有意差も認められた。減数分裂期を中心とした時期は穎花が発達する時期であり、この時期の栄養条件が大きく関与していると考えられ、収量関連形質にも関与していることから、穂肥施用は「山田錦」の安定栽培上、特に重要な管理と考えられる。

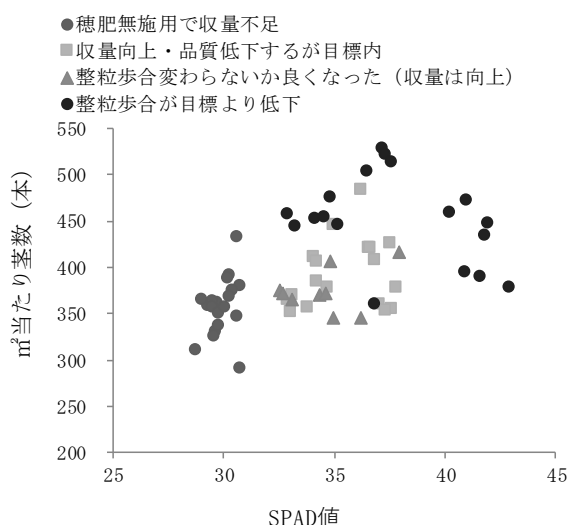
玄米蛋白質含有率に影響すると考えられる穂肥の施用法をはじめとし、いくつかの要因の影響を検討するため、各重回帰分析を行った（第22表）。重回帰分析の結果から年次変動の他、地力、穂肥施用量が影響する可能性が示された。杉浦ら（2001）は穂肥窒素量の増加に伴い玄米蛋白質含有率が増加することを報告しており、本試験の結果と一致した。穂肥施用の影響に関しては、1kg/10aの窒素施用で、穂肥1回目は0.1%程度増加し、2回目は玄米への分配が多く、登熟が向上した場合でも一律で0.2%程度の増加が見込まれた。実際の栽培では、籾数管理のための2回の穂肥施用量の組合せと同時に、玄米蛋白質含有率の制御のためのほ場の地力に応じた穂肥2回目の量の設定を考慮することが重要である。

以上の穂肥に対する千粒重、心白発現率、とりわけ玄米蛋白質含有率等の反応から、穂肥の1回目が収量と品質の安定や向上のための制御の要であり、1回目の穂肥は出穂20日前までに窒素成分で2kg/10aを基準に施用する必要が認められた。

第22表 目的変数を玄米蛋白質含有率(%)としたときに説明力が高い重回帰式

回帰式① ($R^2=0.704$)		回帰式② ($R^2=0.677$)	
説明変数	係数	説明変数	係数
切片	6.05	切片	3.32
X1 穂肥ⅠのN量(kg/10a)	0.13	X1 穂肥ⅠのN量(kg/10a)	0.05
X2 穂肥ⅡのN量(kg/10a)	0.23	X2 穂肥ⅡのN量(kg/10a)	0.19
X3 年(ダミー変数)	0.31	X3 籾数(粒/ m^2)	7.8×10^{-5}
X4 年(ダミー変数)	0.47	X4 登熟量	5.6×10^{-4}
X5 地力(ダミー変数、中庸=0、高=1)	0.39	X5 年(ダミー変数)	0.45
		X6 年(ダミー変数)	0.70

最後に、目標とした収量と品質を確保するための、1回目の穂肥施用量について、幼穂形成期の茎数とSPAD値により検討した。方法としては収集した普通期植のデータから、穂肥1回目を施用しなかった場合に目標収量(420 kg/10a)に届かなかったグループ、穂肥1回目を施用することで目標とする収量と整粒歩合(70%)は達成したが、整粒歩合が低下したグループ、収量、整粒歩合ともに向上したグループ、整粒歩合が目標を下回ったグループの4つに分け、m²当たり籾数とSPAD値を軸としてプロットした(第3図)。図上のグループの位置関係からある程度の閾値として茎数とSPAD値の目安を明らかにすることができた。施用の判断の目安としては、若干の主観が入るが、「穂肥1回目の施用量は幼穂形成期にSPAD値で31を下回る場合には増量する。茎数が440本/m²またはSPADの値が39を超える場合には穂肥を施用しない」という基準の設定が可能と考えられた。なお、この目安はデータが少ないなか、暫定的に設定したものであり、今後データを追加して精度を高める必要がある。



第3図 幼穂形成期の生育と穂肥施用による目標とする収量・品質の達成との関係

摘要

酒造好適米「山田錦」を新たに作付けする際に参考となるよう、県平坦部の地力が異なるほ場において移植期と窒素施肥法が収量と品質に及ぼす影響を明らかにし、適切な移植期と基肥施用量、穂肥施肥法を栽培基準に反映した。

6月22日の晩植では、6月9日の普通期植と比べ、初期生育が旺盛で幼穂形成期まではSPAD値が高く推

移するものの、登熟歩合と整粒歩合が低下し、玄米蛋白質含有率は高くなる傾向があった。このため、移植適期は6月10日頃とした。

基肥施用量に関しては、窒素施用量で0 kg/10aと2 kg/10aの比較では収量と品質に差異は認められず、平坦部では必要性が認められなかったが、スターターとしての基肥施用が必要な条件については検討が必要である。

穂肥窒素に関しては、地力中庸ほ場ではm²当たり籾数の増加と千粒重の加重に、高地力ほ場では籾数の向上に特に関与しており、減数分裂期の栄養条件の改善により心白粒の発現にも影響していた。玄米蛋白質含有率は2回目の穂肥で高くなるため、1回目の穂肥施用の判断が重要である。施用の判断の目安は、試験データのグループ化によって「穂肥1回目の施用量は幼穂形成期にSPAD値で31を下回る場合には増量する。茎数が440本/m²またはSPADの値が39を超える場合には穂肥を施用しない」という基準を設定した。

引用文献

安藤豊・安達研・南忠・西田直樹. 1998. 水稻生育初期の茎数と土壌アンモニア態窒素の関係. 日作紀. 57 : 678-684.

古味一洋・坂田雅正. 1999. 酒米品種「土佐錦」の移植期と窒素施肥法が収量・酒造適性に及ぼす影響. 高知農技セ研報. 8 : 75-82.

今野周・今田孝弘・中山芳明・宮野斉. 1990. 登熟期の少照条件が水稻の登熟、品質、収量に及ぼす影響. 東北農業研究. 43 : 29-30.

杉浦和彦・大竹敏也・林元樹・工藤悟. 2001. 酒造好適米「夢山水」の高品質・安定生産技術. 愛知農総試研報. 33 : 49-56.

高橋重郎・和田源七・庄子貞雄. 1976. 水田における窒素の動態と水稻による窒素吸収について : 第6報 温度が水稻の窒素吸収および土壌中のアンモニア態窒素の消長におよぼす影響. 日作紀. 45 : 213-219.

田中浩平・宮崎真行・内川修・荒木雅登. 2010. 水稻の外観品質に及ぼす稲体窒素栄養条件や施肥法の影響. 日作紀. 79 : 450-459.

手塚光明・宮島吉彦. 1977. 酒米たかね錦の品質向上に関する研究(特に施肥量、施肥法について). 北陸作物学会報. 12 : 20-25.

松永雅志・中島勘太・池尻明彦・内山亜希・渡辺大輔
・金子和彦. 2018. 耕土深および緩効性肥料の施肥方法が水稻の収量、品質に及ぼす影響. 山口農林総技セ研報. 9 : 19-24.

宮川英雄. 1999. 年次による水稻の登熟と籾数の関係. 東北農業研究. 5 : 37-38.

山本富三・田中浩平・角重和浩. 1993. 団地水稻における地力窒素発現パターンと施肥の診断. 第2報 水田土壌の窒素無機化特性と水稻生育期間中の窒素供給パターン. 日作紀. 62 : 363-371.