

阿蘇高冷地域における水稲‘ヒノヒカリ’の安定栽培のための 移植時期および栽植密度

Transplanting Time and Planting Density for Stable Production of Rice Cultivar ‘Hinohikari’ in the Aso Highlands Area

藤井康弘・林田裕樹*・上野育夫**

Yasuhiro FUJII, Hiroki HAYASHIDA and Ikuo UENO

要 約

水稲中生品種‘ヒノヒカリ’の阿蘇高冷地域での安定栽培のため、適正な移植期および適正栽植密度について検討した。その結果、移植期については5月上旬～6月上旬の収量はほぼ同等、品質や食味は移植期が遅くなるにつれて低下した。また、6月移植では登熟後期に低温害を受ける場合があることから、5月上旬～下旬の移植が適した。栽植密度は、12.3～18.5株/m²の範囲であれば収量に差はないが、疎植ほど検査等級が低くなる傾向がみられ、15.9～18.5株/m²が適することが判明した。

キーワード：水稲，ヒノヒカリ，高冷地，収量，品質，食味，移植期，栽植密度

I 緒言

阿蘇高冷地域における現在の水稲の主力品種は‘コシヒカリ’であり、中部地区ではその作付面積が全体の95%を占める（熊本県農産課調べ）。このため、収穫作業の集中や共同乾燥施設の荷受け制限などから刈り遅れやそれによる品質低下、気象災害が発生した場合に集中的に大きな被害を受けることが懸念されている。一方、熊本県平坦地域で広く作付けされているのが‘ヒノヒカリ’で、この品種は登熟時の高温により白未熟粒を発生しやすいことが知られており^{1) 2)}、近年の気象の温暖化に伴い、玄米品質の低下が顕在化している³⁾。このため、冷涼な気候であり高温障害の起きにくい阿蘇高冷地域での‘ヒノヒカリ’の作付けが増加している。

‘ヒノヒカリ’は中生品種であり、‘コシヒカリ’と作付けを組み合わせることで上記の品質低下や気象災害の問題を解消できる。また、近年増加傾向にある作業受委託組織における栽培規模拡大にも有効である。しかし、これまで阿蘇高冷地域では、中生～晩生品種では収穫期が遅くなるため、極早生から早生の品種（熊本県奨励品種‘コシヒカリ’・‘あきげしき’など）しか作付けされておらず、中生品種については栽培基準が示されていない。

そこで、阿蘇高冷地域における‘ヒノヒカリ’の安定生産を目的として、収量と品質からみた適正な移植期、栽植密度について検討した。また、現在熊本県産‘ヒノヒカリ’は食味の面から全国的に注目されており、栽培法によ

る食味関連形質の変動についても報告する。

II 材料および方法

試験は阿蘇市一の宮町宮地の高原農業研究所（標高543m）の水田（淡色多湿黒ボク土）において、中生品種‘ヒノヒカリ’を用いて2010年から2012年に実施した。

施肥は窒素成分で基肥0.4kg/a、分けつ肥（移植10日後）0.2kg/a、穂肥0.3kg/aを施用した。苗は播種量140g/箱（乾籾）の稚苗（20日苗）を用い、1株当たり4本を手植えた。

試験区は、5月中旬移植を標準とする4～5水準の移植期と15.9株/m²を標準とする2～4水準の栽植密度で構成し、第1表のとおり実施した。

試験規模は、2010年が1区36m²、2011年および2012年が1区15m²で、それぞれ2反復とした。調査項目は、茎数、出穂期、成熟期、稈長、穂長、穂数、各収量構成要素、わら重、倒伏程度、検査等級、外観品質である。収量（精玄米重）と千粒重は、篩目1.8mmのふるいにかけた収穫物について計測し、水分が15%の状態での数値に換算した。また、検査等級、外観品質についても、篩目1.8mmのふるいにかけたサンプルを用いて調査した。玄米タンパク質含有率は、Kett社AN-800、味度値はトーヨー社味度メーターを用いて測定した。食味官能試験は高原農業研究所職員（パネル数8～10人）で実施した。

*現 県北広域本部農林水産部農業普及・振興課，**現 県北広域本部阿蘇地域振興局農林部農業普及・振興課

第1表 試験区の構成

試験年次	移植時期	栽植密度 (株/m ²)			
		12.3	13.9	15.9 (標準)	18.5
2010年	5月上旬(5/6)	—	○	○	—
	5月中旬(5/17)	—	○	○	—
	5月下旬(5/26)	—	—	○	○
	6月上旬(6/4)	—	—	○	○
2011年	5月上旬(5/6)	—	—	○	—
	5月中旬(5/16)	○	○	○	—
	5月下旬(5/26)	○	○	○	○
	6月上旬(6/9)	—	○	○	○
	6月中旬(6/17)	—	—	○	○
2012年	5月上旬(5/7)	—	—	○	—
	5月中旬(5/16)	○	○	○	○
	5月下旬(5/28)	○	○	○	○
	6月上旬(6/6)	—	—	○	—

注)○は試験を実施した組み合わせを示す。

III 結果および考察

1 移植期による収量、品質の変化

収量(精玄米重)は、5月上旬から6月上旬までの移植ではほぼ同等であったが、6月中旬移植では低下した(第1図、第2表)。その要因は登熟歩合の低下で、移植期が遅いほどm²当たり粒数は多いものの、登熟歩合は低いという傾向がみられた(第2図、第2表)。また、品質(検査等級および外観品質)は移植期が遅いほど劣った(第1図、第2表)。検査等級の格下げ要因は「充実不足」であった。

同じ‘ヒノヒカリ’を用いた長崎県の試験事例では、標高230mのほ場での晩期栽培において、出穂期から40日間の平均気温が22℃を下回ると収量および品質が低下すると報告されている⁴⁾。本試験においても登熟期の気温低下から玄米の充実が悪くなり、収量および品質が低下したと考えられる。

2 移植期による生育ステージの変化

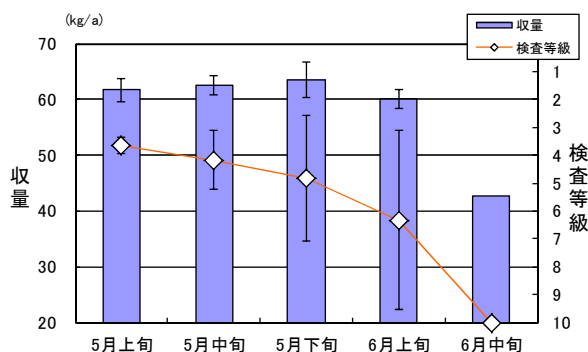
出穂期は5月上旬移植では8月20~21日、5月中下旬移植では8月22~26日と移植期が遅いほど遅れ、6月中旬移植では9月1日となったが、年次変動は小さかった。また、成熟期は、5月上旬移植では10月9~12日、5月下旬移植では10月15~24日となり、年次による変動が大きかった。2011年の6月中旬移植および2012年の6月上旬移植は、登熟が停止し、成熟期(粒黄化率100%)に至らなかった(第2表)。

水稻においては登熟に適する昼温は17~26℃、夜温は12~21℃とされている⁵⁾。阿蘇市において最高気温が上記の昼温範囲を下回るのは平年で11月6日であり、出穂期から成熟期までの積算気温を1080℃として計算した出穂限界日は9月3日である。同様に最適夜温から算出した出穂限界日は8月15日である(第3表)。平年の気

温推移であれば、8月16日までの出穂であれば登熟温度に問題はなく、9月3日以降の出穂では登熟が停止することになる。前述の長崎県の事例では6月移植で粒黄化が90%に達せず、収量も低下している⁴⁾。また、鍛冶原ら(1965)⁶⁾は、阿蘇地域において8月中の出穂であれば玄米登熟の低下要因とならないが、9月の出穂は大きな被害をもたらすと報告している。

3 高冷地‘コシヒカリ’および平坦地‘ヒノヒカリ’との生育ステージの相違

‘ヒノヒカリ’の移植期ごとの生育ステージの目安を第3図に示した。5月上旬~下旬移植の‘ヒノヒカリ’の出穂期から成熟期までに必要な積算気温は1062~1079℃、登熟日数は51~55日であった(第3図)。5月上旬移植の‘コシヒカリ’と比較すると、‘ヒノヒカリ’は出穂期で19~24日、成熟期では25~34日遅かった。また、熊本県平坦地域での‘ヒノヒカリ’(6/21移植)と比較した場合、高冷地域‘ヒノヒカリ’(5/6移植)は登熟日数が5日長かった(第4表)。

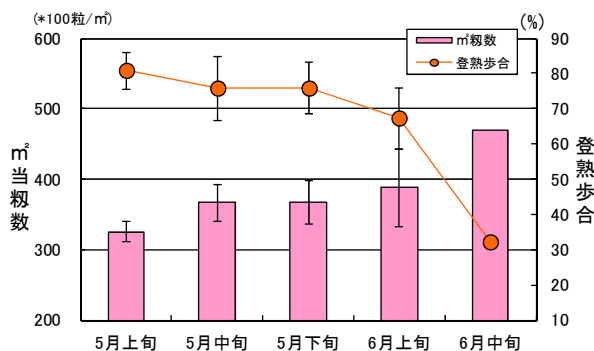


第1図 ‘ヒノヒカリ’の移植期と収量、検査等級の関係

注1)栽植密度15.9株/m²での2010~2012年3ヵ年の平均

(6月中旬移植は2011年単年での成績)

注2)検査等級は、第1表の注3と同じ



第2図 ‘ヒノヒカリ’の移植期と粒数、登熟歩合の関係

注1)栽植密度15.9株/m²での2010~2012年3ヵ年の平均

(6月中旬移植は2011年単年での成績)

第2表 ‘ヒノヒカリ’の移植期の違いによる生育, 収量の差異

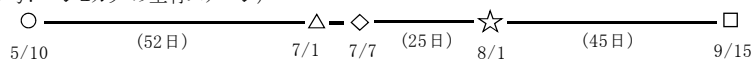
試験年次	移植期	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	最高 茎数 (本/㎡)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾数		精玄 米重 (kg/a)	わら 重 (kg/a)	千粒重 (g)	登熟 歩合 (%)	倒伏 程度 (0-5)	検査 等級 (1-10)	外観 品質 (1-9)
								(粒/穂)	(*100粒/㎡)							
2010年	5月6日	8.20	10.10	452	90	19.1	350	88.3	309	62.7	115.6	22.2	84.3	0.0	3.5	4.5
	5月17日	8.22	10.13	413	89	19.7	360	93.2	336	62.7	112.7	22.3	85.5	0.0	3.0	4.0
	5月26日	8.24	10.15	426	89	19.5	365	91.8	335	61.0	102.0	22.4	82.7	0.0	2.5	4.5
	6月4日	8.27	10.19	424	93	20.1	376	95.1	358	60.7	94.0	22.4	77.2	0.0	4.0	4.5
2011年	5月6日	8.21	10.09	491	95	18.0	417	79.5	332	63.2	122.8	22.4	83.3	0.0	3.5	4.0
	5月16日	8.23	10.13	473	99	18.4	424	90.1	382	64.1	119.2	22.3	73.9	0.0	4.5	5.0
	5月26日	8.25	10.19	436	100	18.4	420	94.4	396	67.1	127.1	21.4	76.7	0.5	5.0	6.0
	6月9日	8.29	10.25	567	100	18.0	501	90.2	452	58.1	101.8	20.7	60.8	3.5	10.0	7.5
	6月17日	9.01	-	573	100	18.4	522	90.2	470	42.8	103.5	20.2	32.4	5.0	10.0	8.0
2012年	5月7日	8.20	10.12	349	87	20.3	305	110.0	335	59.4	71.6	22.9	74.9	0.0	4.0	4.5
	5月16日	8.23	10.18	394	86	19.2	334	114.0	381	60.8	72.7	21.6	67.8	0.5	5.0	5.5
	5月28日	8.26	10.24	455	86	19.3	384	96.0	369	62.4	72.7	22.0	68.0	0.3	7.0	5.8
	6月6日	8.29	-	405	85	19.5	369	96.0	354	61.2	73.9	22.0	63.8	0.0	5.0	5.5

注1) 栽植密度15.9株/㎡での試験結果。

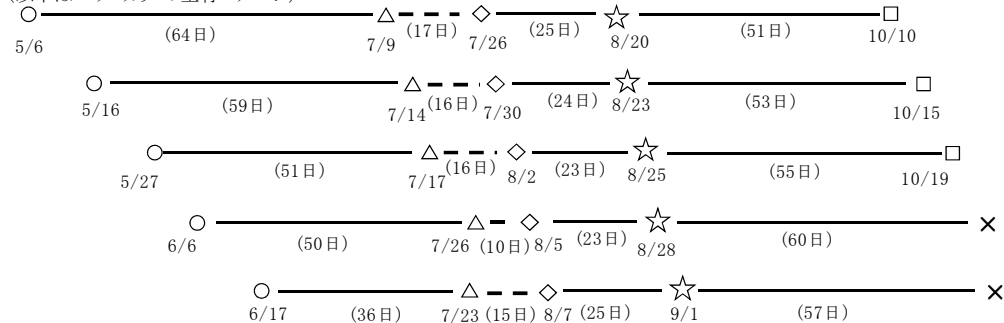
注2) 成熟期が括弧書きのものは、成熟期に至らず登熟停止を確認した期日を示す。

注3) 検査等級は1等を1~3, 2等を4~6, 3等を7~9, 規格外を10で示し, 数値が小さいほど良好であることを示す。外観品質も同様に数値が小さいほど外観が優れていることを示す。

(参考: ‘コシヒカリ’の生育ステージ)



(以下は‘ヒノヒカリ’の生育ステージ)



	登熟期間の 気温(°C)			積算気 温(°C)
	日平均	日最高	日最低	
20.7	26.1	16.3	1062	
20.2	25.7	15.7	1076	
19.5	25.1	14.9	1079	
成熟期に到達していないため不明				
成熟期に到達していないため不明				

5月	6月	7月	8月	9月	10月
----	----	----	----	----	-----

第3図 ‘ヒノヒカリ’の移植期別の生育ステージと登熟期の気温

注1) ○は移植期, △は最高分けつ期, ◇は幼穂形成期, ☆は出穂期, □は成熟期を示す。

注2) ×は登熟が停止し, 成熟期に達しなかった試験年があったことを示す。

注3) 数値は, 栽植密度15.9株/㎡での2010~2012年3か年の平均値(6/17移植のみ2011年単年の成績)。

注4) コシヒカリのデータは高原農業研究所作況試験(平成14~24年平均値)の数値。

第3表 登熟適温と出穂晩限

登熟ス テージ	適温	日最高気温または最 低気温が適温範囲を 下回る平年到達日	出穂 限界日
登熟後期	昼温	17~26°C	11月6日
	夜温	12~21°C	10月5日

注1) 登熟適温は「農業気象ハンドブック」から引用。

注2) ‘ヒノヒカリ’の成熟にかかる積算気温を1080°Cとして、阿蘇高冷地域の平均気温の平年値(アメダス阿蘇市乙姫)から出穂限界を算出した。

水稻における登熟に適する温度は前述のとおりであるが、その温度が高いほど登熟は早く進み、温度が低ければ遅い⁶⁾。このため、高冷地と平坦地の‘ヒノヒカリ’を比べると、平均気温が低い高冷地は登熟日数が長い。また、高冷地域‘コシヒカリ’と比べると、出穂期が遅く、登熟期間に気温が低下している高冷地‘ヒノヒカリ’は成熟期が遅い。以上のことから、高冷地域においては‘ヒノヒカリ’と‘コシヒカリ’を組み合わせることで、収穫期の分散が可能であるが、平坦地域‘ヒノヒカリ’との生育の違いに留意して移植期を決定する必要がある。

4 移植期による食味関連形質の変化

玄米タンパク質含有率は移植期が違ってても変化はなかったが、味度値は移植期が遅いほど低下する傾向がみられた。玄米白度は5月移植に比べて6月移植が低かった。食味官能試験では、総合評価は5月中旬および下旬移植の評価が高かった。項目別では、「外観」は5月の上旬～中旬移植の評価が高く、6月移植が低かった。「粘り」は、6月中旬移植の評価が低かった(第5表)。

玄米白度の低下は、玄米の充実の悪さ(登熟歩合の低さ)を反映したものであると推測される。味度値は炊飯

第4表 高冷地域と平坦地域における‘ヒノヒカリ’の登熟日数と気温の比較

	移植期 (月.日)	最高分 げつ期 (月.日)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	登熟 日数 (日)	登熟期の 積算気温 (℃)
高冷地域 ヒノヒカリ	5/6	7/9	8/20	10/10	51	1062
平坦地域 ヒノヒカリ	6/21	8/5	8/25	10/11	46	1091

注1)高冷地‘ヒノヒカリ’は5月上旬移植の3年間の平均値(2010-2012年)。平坦地域ヒノヒカリは農産園芸研究所作物研究室における作況試験(2002-2012年)の平均値の数値。

第5表 ‘ヒノヒカリ’の移植期の違いによる食味関連形質の変化

移植期	玄米タンパク 質含有率(%)	玄米 白度	味度 値	食味官能試験(2011年度)			食味官能試験(2012年度)		
				総合評価	外観	粘り	総合評価	外観	粘り
5月上旬	6.7	21.4	79.5	-0.33	0.00	-0.22	0.000	0.389	** 0.000
5月中旬	6.7	21.3	77.5	0.17	0.06	0.00	0.050	0.389	** 0.350 *
5月下旬	6.7	21.1	76.0	0.17	0.10	-0.05	0.150	0.150	0.000
6月上旬	6.7	20.1	76.0	-0.22	-0.20 *	0.00	0.000	0.000	0.000
6月中旬	6.7	—	—	-0.39 *	-0.17 *	-0.33 *			
(食味基準ヒノカ)				0.00	0.00	0.00			

注1)玄米タンパク質含有率は5月上旬～6月上旬移植の数値で、2010-2012年3か年の平均値。6月中旬移植の数値は2011年単年。玄米白度、味度値は2012年単年の値。

注2)2011年は別ほ場の‘ヒノヒカリ’を基準に、2012年は6/6移植‘ヒノヒカリ’を基準に比較した。

注3)食味官能試験では、基準と5%水準の有意差があったものに*、1%水準で有意差があったものに**を付した。

第6表 ‘ヒノヒカリ’の栽植密度の違いによる生育・収量・品質の変化

移植期 (試験年次)	栽植 密度 (株/㎡)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	1株 穂数 (本/株)	籾数 (*100/㎡)	精玄米重 (kg/a)	わら 重 (kg/a)	千粒重 (g)	登熟 歩合 (%)	検査 等級 (1-10)
5月上旬 (2010)	13.9	8.20	10.10	91	19.3	362	26.0	326	62.8	118	22.0	85.7	3.5
	15.9	8.20	10.10	90	19.1	350	22.0	309	62.7	116	22.2	84.3	3.5
5月中旬 (2011, 2012)	12.3	8.23	10.16	93	19.4	377	30.7	407	63.4	96	21.9	66.1	5.8
	13.9	8.23	10.16	93	19.1	368	26.5	368	62.1	96	21.9	73.2	5.5
	15.9	8.23	10.16	93	18.8	379	23.8	382	62.5	96	22.0	70.8	4.8
5月下旬 (2011, 2012)	12.3	8.26	10.24	92	19.2	374	30.4	392	64.0	96	21.9	70.1	8.0
	13.9	8.26	10.24	93	18.9	372	26.8	369	63.8	100	21.7	72.8	7.0
	15.9	8.26	10.24	93	18.9	402	25.3	383	64.8	100	21.7	72.4	6.0
6月上旬 (2010, 2011)	18.5	8.26	10.24	94	18.9	417	22.5	405	64.0	101	21.7	67.6	6.3
	15.9	8.29	10.25	100	18.0	501	31.5	452	58.1	102	20.7	60.8	10.0
	18.5	8.29	10.25	100	18.5	487	26.3	444	57.6	99	20.9	59.2	8.5

注1)検査等級は1等を1～3、2等を4～6、3等を7～9、規格外を10で示し、数値が小さいほど良好であることを示す。外観品質も同様に数値が小さいほど外観が優れていることを示す。

した米の表面の光沢を表したもので、食味官能試験の‘外観’と同じく、5月上旬、中旬移植で高い傾向を示した。食味官能試験については、最も遅い6月中旬移植の評価が低い結果となった。登熟期間の気温が低いほどアミロース含有率が高くなることが知られており⁴⁾ ⁵⁾、そのため粘りの減少、外観の低下を引き起こした可能性がある。登熟期の低温についての影響を明らかにするには、より詳細な調査が必要であると思われる。

5 栽植密度による生育・収量・品質の変化

同じ移植期の生育、収量の各項目は、1株穂数を除き、栽植密度を変えてもほぼ同等であった。ただし、検査等級に関しては、有意差はないものの栽植密度が小さいほど劣る傾向にあった(第6表)。

この等級低下の理由は、「充実不足」であり、1株当たりの穂数が多くなったことにより株内における登熟の不

揃いが生じたためと推測される。

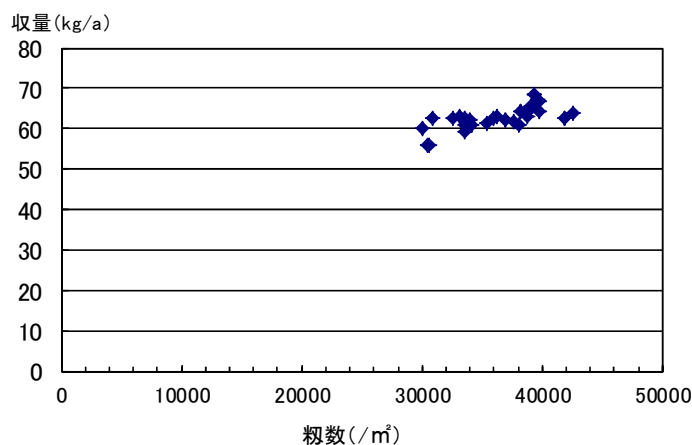
6 まとめ

移植期が5月～6月上旬の場合、収量および品質はほぼ同等であったが、6月上旬移植では登熟を停止した年があり、低温害で収量低下を生じるリスクがある。また、味度値や食味官能試験の評価は移植期が遅いほど低下することから、阿蘇高冷地域における‘ヒノヒカリ’の適正な移植期は5月上旬～下旬と判断される。

また、栽植密度については、12.3～18.5株/m²の範囲で生育や収量はほぼ同等であったが、栽植密度が小さいほど検査等級が低下する傾向があったため、15.9～18.5株/m²が適すと考えられる。

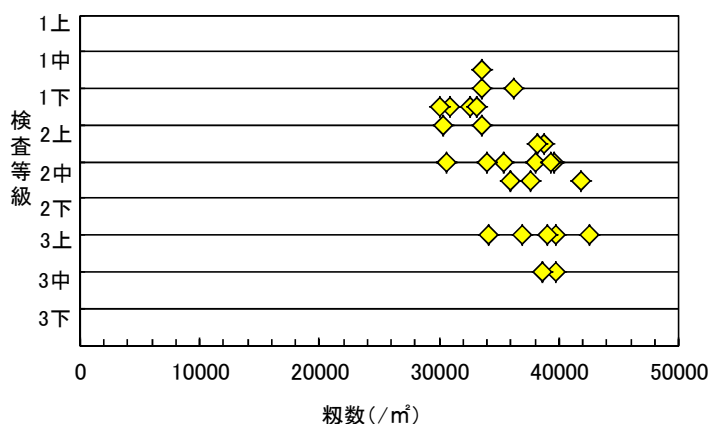
7 今後の課題

高冷地域における‘ヒノヒカリ’は、平坦地域でみられる高温障害による品質低下が少ないと考えられているが



第4図 ‘ヒノヒカリ’の籾数と収量の関係

注)2010～2012年の試験のうち、5月上旬～下旬移植の‘ヒノヒカリ’の数値についてプロットした。



第5図 ‘ヒノヒカリ’の籾数と品質の関係

注)2010～2012年の試験のうち、5月上旬～下旬移植の‘ヒノヒカリ’の数値についてプロットした。

¹⁾ 今回の試験では玄米の検査等級が2等級以下であり、1等級の玄米は得られなかった。その主な要因は「充実不足」であり、籾数が多いほど検査等級の低下が大きいことにある(第4図, 第5図)。このことは、高冷地域の‘ヒノヒカリ’では、初期生育の過剰から籾数が増大したことが、玄米の充実不良の原因となったと考えられる。今後、阿蘇高冷地域において、高品質な‘ヒノヒカリ’を安定生産するには、適正な施肥量、適正な水管理による籾数の制御の検討が必要である。

VI 引用文献

- 1) 森田 敏 (2009) : 水稲高温登熟障害の生理生態学的解析. 九州沖縄農業研究センター研究報告, 第 52号, 1-78.
- 2) 若松謙一 (2010) : 暖地水稲の登熟期間の高温が玄米外観品質に及ぼす影響. 鹿児島県農業開発総合センター研究報告, 第4号, 91-125.
- 3) 坂梨二郎・井手眞一・上野育夫 (2008) : 登熟期の高温による水稲中生種‘ヒノヒカリ’の白未熟粒発生と管理技術の改善 (第1報). 熊本県農業研究センター研究報告, 第15号, 1-5.
- 4) 船場 貢・泉 省吾・田崎信幸・島ノ江智弘・松下哲也・井上眞理 (2009) : 長崎県下の水稲作期策定に関する研究 第6報 県北地域における玄米の低温登熟障害. 日作九支報, 75, 9-12
- 5) 坪井八十二ら (1974) : 農業気象ハンドブック.
- 6) 鍛冶原俊夫・小林研三 (1966) : 1965年の異常気象と水稲の被害様相について. 日作九支報, 26, 84-89
- 7) 星川清親 (1975) : イネの生長. 社団法人農山漁村文化協会.
- 8) 稲津 脩 (1988) : 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道農試報告, 66, 34-52.
- 9) 大友孝憲・吉田茂敏・白石真貴夫・斉藤清男 (1992) : 水稲の登熟気温が米の窒素, アミロース含有率および食味に与える影響. 日作九支報, 59, 38-40.

Summary

Transplanting Time and Planting Density for Stable Production of Rice Cultivar ‘Hinohikari’ in Aso Highlands Area

Yasuhiro FUJII, Hiroki HAYASHIDA and Ikuo UENO

We examined the transplanting time and planting density suitable for stable production of medium-maturing rice cultivar ‘Hinohikari’ in Aso highlands area. As a result, When it transplanted from early May to early June, the yield was equal, the grain quality decreased so that the transplanting was late, and the grain ripening may stop when it transplanted in June. Therefore it is suitable to transplant in May. When it transplanted at 12.3~18.5 stubble/m², the yield was equal, but the quality tended to lower so that planting density was small. Therefore it is suitable to transplant at 15.9~18.5 stubble/m².