

日作四国支紀 (Rep. Shikoku Br. Crop Sci. Japan) 29: 17-26 (1992)

キヌヒカリの生育, 収量および 食味特性に及ぼす移植時期の影響*

上田一好・岡田彰夫・佐野実・猿渡広和
楠谷彰人・浅沼興一郎・木暮秩

(香川大学 農学部)

近年, 全国的に良食味水稻品種の作付けが急増しているなかで, 香川県においても1991年にはコシヒカリの作付面積が5,000 ha を越えた。また, 1992年にはキヌヒカリが新しく奨励品種として採用され, 今後大幅な作付け増加が見込まれている。これらの品種は当初コシヒカリが早期栽培に限定して奨励されたこともあり, 現在でも4月下旬~5月中旬に移植されることが多く, その面積も年々増加の一途にある。このため, これら良食味品種を早期栽培した場合の生育・収量および食味についての知見の集積が強く望まれている。本試験はこうした背景のなかで, 移植時期がキヌヒカリの生育・収量および食味に及ぼす影響を明らかにしようと試みたものである。

材料および方法

試験は, 1992年に高松市川部町の農家水田において, キヌヒカリを供試して行った。移植は, 面積約800m²の水田を4等分して, 3月31日 (Ⅰ期), 4月28日 (Ⅱ期), 5月26日 (Ⅲ期) および6月24日 (Ⅳ期) に実施した。栽植密度は30cm×15cmの22.2株/m²で, 1株3本の苗を手植えた。用いた苗50本の平均草丈は, Ⅰ期15.3cm, Ⅱ期12.0cm, Ⅲ期15.4cmおよびⅣ期19.5cmで, 葉数 (不完全葉を含む) は, 2.3, 2.1, 2.5, 3.4であった。

各移植時期とも化成肥料区と有機肥料区 (以下, 有機肥区) に分け, 化成肥料区内はさらに標肥区と多肥区を設けた。1区の面積は50~100m²であった。10a当り総窒素施用量は, 標肥区11.0kg, 多肥区17.3kgとし, 有機肥区は用いた資材の窒素含有率を計算して多肥区と等しくなるよう設定した。これらを標肥区では基肥として6.0kgを施用し, 残りは出穂期20日前頃に3.0kg, 出穂期に2.0kgを追肥した。多肥区と有機肥区では基肥に12.0kgを施用した後, 移植後10日目と20日目に0.9kg, 出穂期20日前頃と出穂期に1.7kgを分追肥した。なお, 標肥区と多肥区は全て化成肥料で与えたが, 有機肥区では用いた資材の施用指針に従って, 基肥には全量有機質肥料を用い, 他の時期は有機質肥料で0.3kgを与え, 残りを化成肥料で補った。

生育初期, 最高分げつ期, 出穂期および収穫期に9株を採取し, 生体重により中庸の5株を選び,

* 大要は第29回講演会 (平成4年11月) において発表

部位別（葉，葉鞘＋稈，穂）に分け，70～80℃で48時間通風乾燥させた後，その乾物重を測定した。

収穫は，Ⅰ期8月26日，Ⅱ期9月2日，Ⅲ期9月9日およびⅣ期9月26日に行った。収量調査は50株×3反復で行った。粒厚1.8mm以上の玄米を精玄米とし，穂数は10株，一穂粒数は平均穂数に近い3株の全穂につき計数し，平均一株穂数と平均一穂粒数および栽植密度から m^2 当り総粒数を算出した。千粒重は精玄米について測定し，登熟歩合は比重1.06の塩水選により求めた。また，収量調査をした3反復分の中から無作為に2反復分を選び，その精玄米を材料にオートアナライザーでアミロース含有率を，インフラライザーでタンパク質含有率を測定した。

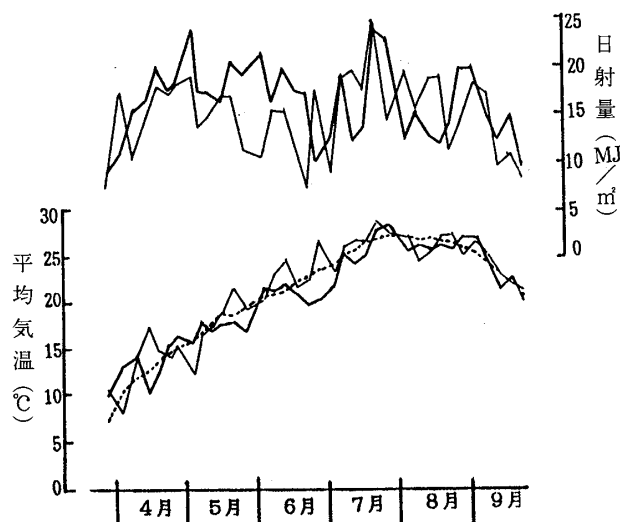
気象要因については，試験水田より東北東に約3 km離れた香川県農業試験場の測定値を使用した。

結 果

1. 気象経過

第1図に，試験期間中の半月別日平均気温（1日24回の測定値の平均値）と1日当りの日射量および平年（1961～1990年の30年間平均値）の日平均気温の推移を示した。なお，参考のため1991年度の測定値も記入した。日平均気温についてみると，5月中旬から低温傾向に入り，特に6月中下旬の温度低下が著しく，8月中も一貫して平年値を下回った。日射量は平年値が無いため年次傾向をみることは出来ないが，1991年に比べ7月中旬と同下旬から8月中旬頃までの日射量が顕著に少なかった。このように，1992年は8月中の悪天候が目立ったが，これは毎週のように襲来した台風の影響によるものである。

第1表は，出穂期とその前後の時期の平均気温および日射量を示したものである。Ⅰ期は7月19～22日，Ⅱ期は7月26～29日，Ⅲ期は8月4～7日およびⅣ期は8月22～24日に出穂期となり，移植期から出穂期までの日数と積算日平均気温は，Ⅰ期では平均111日で2036℃，Ⅱ期では同90日で1865℃，Ⅲ期では同71日で1621℃およびⅣ期では同60日で1503℃であった。移植期から収穫期までの全生育期間を穎花分化始期にほぼ相当する出穂期前25日と出穂期とによって3分してみると，移植期から出穂期前25日までは日射量に大差はなかったが，平均気温は移植時期が早いほど低く推移した。その後出穂期までは，平均気温の差は縮まったが，日射量はⅡ期とⅢ期が多くなり，Ⅰ期とⅣ期が少なくなった。出穂期後は逆に移植時期が早いほど平均気温は高くなったが，日射量に大差はなかったものの移植期から出穂期前25日までの期間に比べ少なかった。



第1図 気象経過

—：1991年，——：1992年，……：平年気温。

第1表 出穂期および生育期間中の気温、日射量（施肥区平均）

移植期	出穂期	移植期～出穂期			t_1		t_2		t_3	
		日数	ΣT	ΣS	T	S	T	S	T	S
I期	7月19日～22日	111	2036	1882	16.9	17.8	23.2	13.9	26.5	16.1
II期	7月26日～29日	90	1865	1581	18.9	17.8	25.2	16.7	26.4	15.5
III期	8月4日～7日	71	1621	1213	20.9	16.8	26.3	17.6	26.1	15.7
IV期	8月22日～24日	60	1503	930	24.2	16.3	26.2	14.3	24.3	14.8

注) t_1 : 移植～出穂期25日前, t_2 : 出穂期25日前～出穂期, t_3 : 出穂期～収穫期

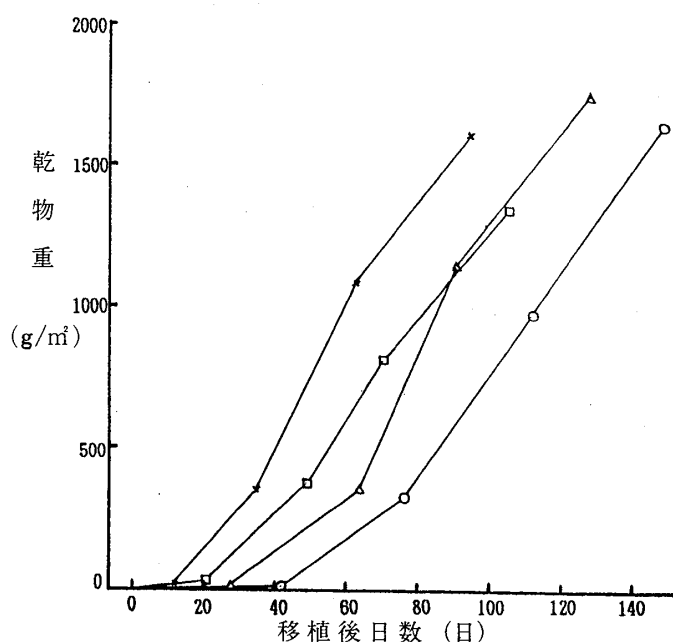
ΣT : 積算日平均気温($^{\circ}\text{C}$), ΣS : 積算日日射量 (MJ/m^2),

T: 平均日平均気温($^{\circ}\text{C}$), S: 平均日日射量 (MJ/m^2)

2. 乾物生産

第2図に、標肥区における移植時期別乾物重（地上部）の推移を示した。I期は乾物重増加の停滞期間が最も長く、移植後40日を過ぎた頃から徐々に増加し始めた。最高分げつ期頃までの増加も4移植期中最も緩慢であったが、その後は成熟期に至るまでほぼ直線的に増加した。II期はI期よりも乾物生産を始めるまでの期間が短かったが、最高分げつ期頃までの増加はI期と同様の傾向を示した。その後急激な増加を示し、出穂期頃までの増加量は最高となった。しかし、それ以降の増加量は再び低下し、全体としてはS字型に近い形で推移した。III期とIV期は類似の増加傾向を示したが、乾物生産を始めるまでの期間はIV期が最も短かった。なお、図示しなかったが、施肥法間では各移植時期とも多肥区が他区を上回って推移したが、標肥区との差は小さかった。有機肥区は常に最も低く推移した。

第3図に、標肥区の個体群生長速度（以下、CGR）と日平均気温（以下、平均気温）および日平均日射量（以下、日射量）との関係を出穂期の前後に分けて示した。移植期から出穂期までは、平均気温が高いほどCGRが高くなる傾向が認められたが、日射量とは一定の傾向を示さなかった。一方、出穂期から成熟期にかけては、平均気温との関係は弱くなり、逆に日射量との間に有意な正の相関($r=0.96^*$) が認められるようになった。



第2図 移植時期別乾物重の推移（1992年標肥区）

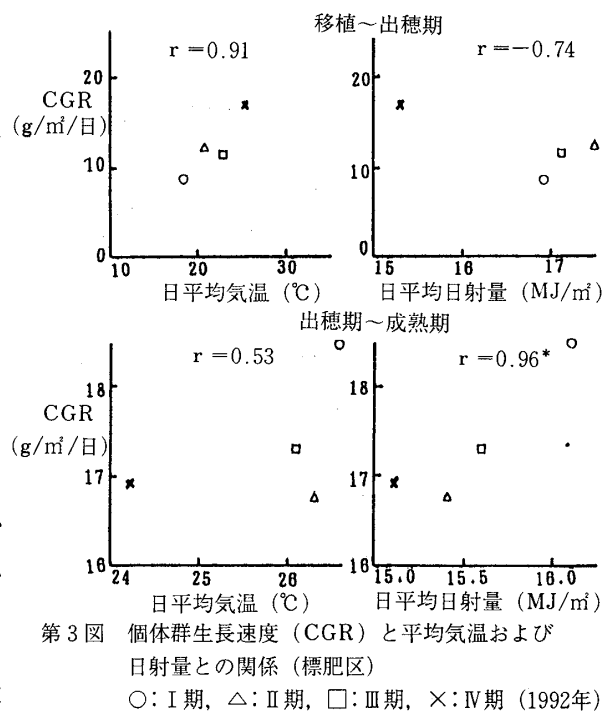
○: I期, △: II期, □: III期, ×: IV期

3. 収量および収量構成要素

第2表に収量および収量構成要素を示した。移植時期別では1株当り穂数(以下, 穂数), m^2 当り総粒数(以下, 総粒数)とも早植えほど多くなる傾向にあったが, I期とII期の差は小さかった。登熟歩合はIV期で高かった他は, それほど大きな差は認められなかったが, 同粒数での登熟歩合は, 早植区(I, II期)で高くなる傾向がみられた。千粒重は移植時期が早いほど明らかに軽くなった。

収量はII期が最高となったが, I期とII期の差は小さかった。IV期の収量はI, II期区より7.5%程度少なく, III期の収量はIV期よりもさらに少なかった。

施肥法別では, 穂数は多肥区で多く, 有機肥区で最



第2表 収量および収量構成要素

		EN	GN	AN	T	W	Y
1992	標肥	21.9	84.9	41278	76.2	19.2	616
	I 多肥	22.2	81.8	40311	75.4	18.7	618
	有機	19.0	80.2	33828	87.6	19.7	600
	標肥	21.9	78.8	38310	76.7	19.7	637
	II 多肥	25.8	72.3	41413	64.0	19.3	627
	有機	17.8	83.1	32841	89.1	20.1	588
	標肥	16.4	81.9	29824	82.4	20.9	530
	III 多肥	22.0	78.8	38486	61.8	20.1	504
	有機	15.5	80.8	27803	90.8	21.3	511
	標肥	17.6	76.1	29732	85.2	21.7	582
	IV 多肥	17.8	71.4	28217	80.8	21.5	574
	有機	14.5	81.5	26235	93.6	22.3	547

EN:穂数 (本/株), GN:1穂粒数 (粒/穂)

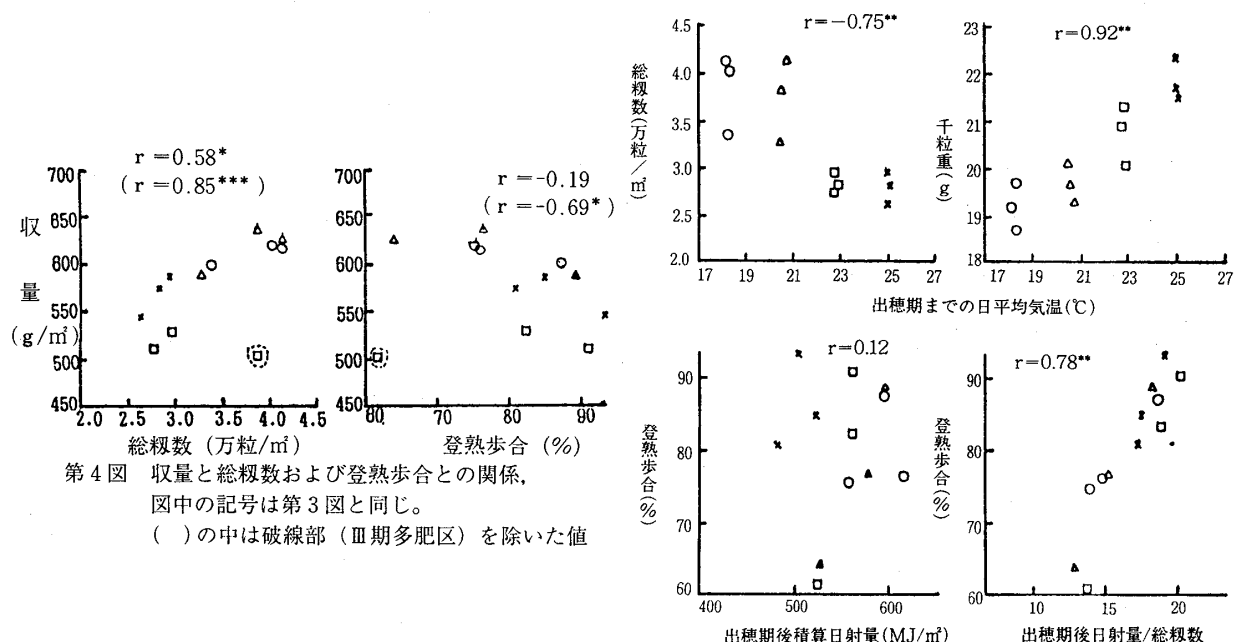
AN:総粒数 (粒/ m^2), T:登熟歩合 (%)

W:千粒重 (g), Y:収量 (g/m^2),

も少なかったが、一穂粒数に明らかな傾向は認められなかった。登熟歩合と千粒重は有機肥区が最も高く、多肥区で低かった。収量は、各移植時期とも有機肥区が最低であった。

第4図に、収量と総粒数および登熟歩合との関係を示した。収量と総粒数との関係を見ると、登熟期の気象条件が劣ったⅢ期の多肥区を除くと0.1%水準で有意な正の相関関係にあった。しかし、詳細にみると収量は総粒数が3.6万粒前後の時に最高(637 g/m²)となり、それ以上の粒数では停滞もしくは低下した。収量と登熟歩合は、Ⅲ期の多肥区を除くと全体としては負の相関関係が認められたが、関係はそれほど強いものではなかった。図示しなかったが、収量と千粒重とは $r = -0.61^*$ の負の相関を示した。なお、総粒数と穂数および一穂粒数との相関係数はそれぞれ $r = 0.95^{***}$ 、 $r = 0.07$ であり、総粒数の多さはほとんど穂数により決定された。また、穂数と最高分げつ期の茎数との間には $r = 0.88^{***}$ の相関関係が認められた。

第5図に、収量構成要素と気象要因との関係を示した。総粒数と出穂期までの平均気温との間には有意な負の相関が認められ、出穂期までの平均気温が低いほど総粒数は多くなった。一方、千粒重は出穂期までの平均気温と有意な正の相関を示した。登熟歩合を直接支配する気象要因は無く、出穂期後の日射量との関係も有意ではなかった。しかし、出穂期後日射量/総粒数とは1%水準で有意な正の相関を示し、1粒当りに受ける日射量の多少が登熟歩合に強く影響することが認められた。



第5図 収量構成要素と気象要因との関係
図中の記号は第3図と同じ

4. 理化学的食味特性

第3表に、アミロース含有率、タンパク質含有率およびその分散分析の結果（F値）を示した。アミロース含有率には移植期間で有意な差が認められ、Ⅰ期では平均14.0%、Ⅱ期では同14.9%、Ⅲ期では同14.8%およびⅣ期では同17.2%であり、早植えほど低かったが、Ⅱ期とⅢ期の差はなかった。タンパク質含有率は施肥法間に有意な差があり、多肥区が平均9.4%で最も高く、次いで標肥区が同9.2%、有機肥区が同8.8%となった。

第3章 理化学的食味特性

		アミロース (%)	タンパク質 (%)
Ⅰ 期	表 肥 区	14.1	9.0
	多 肥 区	13.9	9.3
	有 機 区	14.0	9.0
Ⅱ 期	標 肥 区	14.9	9.5
	多 肥 区	14.7	9.2
	有 機 区	15.1	8.7
Ⅲ 期	表 肥 区	14.7	9.2
	多 肥 区	14.8	9.7
	有 機 区	14.9	8.7
Ⅳ 期	表 肥 区	17.5	9.1
	多 肥 区	17.3	9.2
	有 機 区	16.8	8.9
F 値	移 植 期	159.6**	4.9
	施 肥 法	0.6	189.5**
	交 互 作 用	1.6	33.0**

**：1%水準で有意

考 察

1. 乾物生産

温度や日射は生育の各段階で植物体に強い影響を及ぼし、それを通じて物質再生産の基本的な方向を規定する⁶⁾。そこで、出穂期を境にした2つの生育段階における乾物生産に及ぼす温度と日射の影響について検討した。その結果、移植時期が早いほど乾物重の増加が始まるまでの期間が長く、最高分げつ期頃までの乾物増加も緩慢であった。しかし、最高分げつ期以降の乾物増加は、むしろ移植時期が早いほど急激に行われた。これは、佐本ら⁷⁾の報告と同様の結果であった。

また、鈴木⁹⁾は、生育初期には葉面積の増加がそのまま乾物重の増加に結びつき、気温と乾物生産との間に正の相関が認められたのに対し、穂揃い後の乾物生産は日射量とは正、気温とは負の相関が認められたと報告しているが、本試験においても鈴木⁹⁾の報告をおおむね支持する結果が得られた。

一般に植物は、温度の上昇に伴い葉面積を増加させる⁶⁾。従って、温度はこの効果を通して拡大再生産の段階にある植物の個体群生長速度（CGR）を強く規定する。イネの場合、幼植物のCGRは少なくとも30℃ぐらいまでは、温度の上昇に伴いほぼ直線的に増加する¹⁾。移植時期が早いほど乾物増加を始めるまでの期間が長く、最高分げつ期までの乾物増加が緩慢であったにも関わらず、それ以降の増加が急激であったのは、生育初期の低温による茎数増加が関係していると思われる。すなわち、生育初期の低温により葉面積の拡大は抑制されたが、反面、分げつの発生が促進されたことによって、その後の気温上昇に伴う葉面積の拡大が急となり、乾物重の増加につながったと推察される。

これに対し、日射は葉面積の拡大に対して抑制的に働く面を持ち、拡大再生産の段階にある植物に対しては必ずしも顕著な促進的効果をもつとは限らない⁶⁾。さらに、葉の形成が既に停止している出穂期以降は、葉面積の増加による乾物増加はありえない。従って、この時期からは限られた葉面積にいかにより多くの日射エネルギーを取り込むかが最も重要な問題となってくる。このため、出穂期以降は

全体としての日射量の多寡が大きな意味を持ち、乾物生産にも強く影響するようになると考えられる。

以上より、移植時期が早いほど乾物生産を始めるまでの期間は長く、最高分けつ期頃までの増加は緩慢であった。しかし、それ以降は急激な増加を示し、出穂期から成熟期までの増加量は移植時期が早いほど多くなる傾向が認められた。さらに、乾物生産には出穂期を境としてそれ以前では気温が、それ以降では日射量が強く影響を及ぼすことが判明した。

2. 収量および収量構成要素

収量は、早植区（Ⅰ，Ⅱ期）の方が普通植区（Ⅳ期）より7.5%程度多くなった。また、5月末移植のⅢ期区は、4移植期中最も低収であったが、これらの差は主に総粒数の差に起因すると考えられた。第5図にみられるように、総粒数と出穂期までの平均気温との間には有意な負の相関関係が成立し、総粒数は出穂期以前の温度条件によって強く影響された。また、総粒数は一穂粒数よりも穂数との関係が強く、穂数は最高分けつ数と密接に関係していた。最高分けつ数は移植期が早くなるほど増加したが、これは次のような理由によると考えられる。分けつの発生・生長には炭水化物と無機養分、特に窒素の供給が不可欠であることが知られている⁴⁾が、一般の水田では生育初期に無機養分が不足することは少ない。従って、分けつの発生は主に母茎の炭水化物の蓄積の多少によって決定されると言える。山田・太田¹⁰⁾によれば、分けつ期の葉鞘部の糖とデンプンの含有率は早植え稲の方が高いとされ、佐本⁸⁾はその含有率の順位は出穂期まで変わらないと報告している。また、分けつ期を低温に経過するほど、母茎の伸長は抑制される。従って、早植区では余った炭水化物が母茎に多量に蓄積されるため、分けつの発生が促進され茎数が多くなると推察される。しかしながら、本試験の場合、Ⅰ期とⅡ期の茎数および穂数の差は少なく、楠谷ら⁵⁾が指摘するように極端な低温も茎数増加にはつながらないと考えられた。

このように、早植区の高収は、分けつ期の低温→茎数の増加→穂数の増加→総粒数の増加、という経路によってもたらされたと判断できるが、無制限な粒数の増加が直接増収につながるわけではない³⁾。すなわち、第4図にみられたように、総粒数がおよそ3.6万粒を越えると収量は停滞もしくは低下した。従って、本県におけるキヌヒカリの最適粒数は3.6万粒程度と推察されるが、これ以上の粒数で収量が増加しないのは登熟歩合の低下によるものである。これは、粒数3.6万粒未満区の登熟歩合が総て80%を上回り、その平均値が84.2%であったのに対し、3.6万粒以上の区の平均登熟歩合が70.8%にすぎなかったことから知ることが出来る。これらよりみて、収量は基本的には総粒数の多少に最も強く規制されると言えるが、登熟歩合の影響も無視することは出来ない。このため、粒数を減ずることなく登熟歩合を高く維持すること、あるいは登熟歩合を低下させることなく最適粒数に近い粒数を確保することが高収栽培のための要件になるが、同粒数での登熟歩合は早植区の方が普通植区よりも高くなる傾向がみられた。これは、早植区では豊富な日射量のもとで出穂期後も旺盛な乾物生産が継続することによるものであろう⁵⁾。従って、早期移植は粒数および登熟歩合の両面からみて、普通期移植よりも有利であると考えられる。なお、Ⅲ期区の収量が低かった詳しい理由は不明で

あるが、出穂期後（8月中）の台風の影響や、他区よりも紋枯病が多く発生したことも原因の一つと思われる。

施肥法別には標肥区の収量が最も高く、次いで多肥区であり、有機肥区は総ての移植期において最も低収であった。多肥区の収量が標収区よりも劣ったのは、籾数が過剰になり登熟歩合が極端に低くなったためである。また、有機肥区は穂数および総籾数が明らかに少なく、千粒重と登熟歩合が高いにも関わらず多収には結びつかなかった。このため、施肥法を現行の標準以上に多くする必要はなく、倒伏や食味の点からも基準施肥量は厳守すべきと考える。

以上より、早期移植は適正施肥量を守る限り、増収のための有効な手段になると思われる。ただし、Ⅰ期とⅡ期の収量差からみて、移植期を4月以前まで早める意義は薄く、むしろ年によっては移植後が低温にすぎて莖数増加が抑制され、かえって減収する可能性もある。従って、これらよりみて、本県におけるキヌヒカリの最適移植期は4月下旬頃と判断される。

3. 理化学的食味特性

アミロース含有率は早植えによって明らかに低下したが、タンパク質含有率は移植時期によりほとんど変動しなかった。一方、施肥法との関係では、タンパク質含有率は多肥区で高く、有機肥区で低くなったが、アミロース含有率に一定の傾向は認められなかった。このように、アミロース含有率は施肥法よりも移植期の影響を強く受けたが、早植えによりアミロース含有率が低下するのは、登熟期の高温によるものである^{2・5)}。一方、タンパク質含有率は移植期よりも施肥法に強く影響された。

これら理化学的食味特性と実際の食味との関係について、稲津²⁾は北海道において登熟気温が高いほどアミロース含有率が低くなり、これが食味の向上に反映することを明らかにしている。一方、楠谷ら⁵⁾は香川県において移植期を変えて栽培した場合、食味はアミロース含有率とは無関係であったが、タンパク質含有率が高いほど飯は硬くなり食味が劣ったことを報告している。吉永ら¹¹⁾も、香川県産の数品種についてアミロース含有率と飯の粘りとの関係を検討した結果、両者の間に特別な関係は認められなかったと述べている。

このように、早期移植によってアミロース含有率は顕著に低下するが、もともと登熟気温が高い暖地にあつては、このことが直接食味の向上につながるとは限らない。むしろ食味には施肥条件を反映したタンパク質含有率の方が強く影響すると考えられる。従って、食味の面からも早期移植の中での多肥栽培は避けるべきであろう⁵⁾。

摘 要

移植時期がキヌヒカリの生育、収量および食味に及ぼす影響を調査した。

1. 平均気温は平年値に比較すると5月中旬から低温傾向に入り、特に6月中下旬の温度低下が著しく、8月中も一貫して平年値を下回った。日射量は、1991年に比べ7月中旬と同下旬から8月中旬頃まで顕著に少なかった。

2. 乾物生産量は、出穂期頃まではⅡ期区が最も多かったが、出穂期後は移植時期が早いほど多くなる傾向がみられた。個体群生長速度（CGR）は、出穂期までは気温に、出穂期後は日射量に強く影響された。
3. 移植時期が早いほど、穂数および m^2 当り総粒数は多く、千粒重は軽かった。収量は、総粒数が3.6万粒程度で最高となった。Ⅰ、Ⅱ期区の収量は、慣行の普通植区であるⅣ期を平均7.5%上回った。
4. 総粒数は出穂期までの平均気温と負の、千粒重は同平均気温と正の有意な相関関係にあった。登熟歩合と1粒当りの出穂期後日射量との間には有意な正の相関関係が認められた。
5. 早期移植により玄米中のアミロース含有率は低下したが、タンパク質含有率に差は認められなかった。タンパク質含有率は、移植期を平均すると多肥区で最も高く、有機肥区で最も低かった。
6. 以上より、香川県におけるキヌヒカリの最適移植期は4月下旬頃と推察された。また、施肥量は収量および食味の両面からみて、現行の基準量以上に多くする必要はないと考えられた。有機肥料による増収効果は認められなかった。

謝辞：高松市川部町の畠山清氏には、圃場を拝借したうえ日常の管理について多大な協力をいただいた。気象要因は香川県農業試験場の観測値を使わせていただいた。また、理化学的食味特性の測定も香川県農業試験場に依頼した。各位に対し、心からお礼申し上げる。

引用文献

1. FURUHATA, I. and M. MONSI 1969. In "Photosynthesis and utilization of solar energy." JIBP-PP Level III Group : 50-55.
2. 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. 北海道立農試報 66 : 1-89.
3. 小松良行・原楨紀・川崎勇・石川越三 1964. 暖地水稻における早植多収栽培の実証とその要因解析. 四国農試報 10 : 1-38.
4. 玖村敦彦 1956. 水稻における葉身の窒素濃度が収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 24 : 177-180.
5. 楠谷彰人・浅沼興一郎・木暮秩・関学・平田壮太郎・柳原哲司 1992. 暖地における早期栽培水稻品種キヌヒカリの収量および食味. 日作紀 61 : 603-609.
6. 村田吉男・玖村敦彦・石井龍一 1976. 作物の光合成と生態 農文協 東京 126-167.
7. 佐本啓智・杉本勝男・宇田昌義・山川勇・鈴木嘉一郎・須賀博 1964. 栽培時期の移動による水稻の生態変異に関する研究. 東海近畿農試研報 10 : 1-81.
8. 佐本啓智 1966. 水稻早期・早植栽培の生態に関する研究. とくに東海近畿地域における早期・早植栽培の多収機構と栽培時期の移動について. 東海近畿農試研報 15 : 1-42.

9. 鈴木守 1980. 暖地水稻の収量成立過程の物質生産的特徴に関する研究. 九州農試報 20:429-494.
10. 山田登・太田保夫 1956. 早期および晩期栽培水稻の生育相. 農及園 31:769-774.
11. 吉永悟志・小林廣美 1992. 西南暖地水稻における作期による玄米成分の変化と食味の関係. 日作紀 61 (別2): 41-42.