

研究論文

香川県における水稻品種キヌヒカリの移植時期に関する研究

—活着期、出穂期および成熟期と気温との関係—

上田一好・楠谷彰人*・浅沼興一郎・一井眞比古

(香川大学)

要旨: 香川県における水稻の移植時期が生育に及ぼす影響を明らかにするために、1992年から1995年にかけてキヌヒカ리를 3~4回の異なる時期に移植し、初発分げつ迄日数、出穂迄日数および登熟日数と気温との関係を検討した。初発分げつ迄日数 (Y_1) と移植後5日間の平均気温 (X_1) との間に次の式が成立した。

$$Y_1 = 197.35 \times e^{-0.170 X_1} \dots\dots\dots (1)$$

本式より、移植後5日間の平均気温が16~17°C以下になると初発分げつ迄日数は急激に延長し、12日以上を要するようになると予測された。この温度を香川県の平年値にあてはめると、5月2半旬であった。出穂迄日数 (Y_2) と移植後30日間の平均気温 (X_2) および初発分げつ迄日数 (X_3) との間には次の式が成立した。

$$Y_2 = -2.56 X_2 + 0.76 X_3 + 118.86 \dots\dots\dots (2)$$

登熟日数 (Y_3) と出穂期後30日間の平均気温 (X_4) との間には次の式が成立した。

$$Y_3 = -2.1 X_4 + 89.2 \dots\dots\dots (3)$$

以上より、香川県における安全移植時期は5月2半旬と推察された。また、出穂期や成熟期はこれらの式 [(2), (3)] を用いることにより、簡単に予測できると考えられた。

キーワード: 移植時期、キヌヒカリ、出穂期、出穂迄日数、初発分げつ迄日数、水稻、登熟日数、平均気温。

近年、消費者の良食味米への要望が強まるなか、全国各地で良食味品種の育成や導入が図られるとともに、栽培面でも良食味米生産を目指した技術改善が進められている。また、良食味米を生産するうえでの肥培管理を的確に行うために、水稻の生育を段階的に予測しようとする研究 (堀江・中川 1990, 石橋ら 1990, 寺田 1993, 山本ら 1993) も多数なされている。

こうした背景の中で、本研究は香川県におけるキヌヒカリの移植時期と生育および収量や食味との関係を検討し、増収と食味向上を両立させる移植時期が存在するかどうかを探る目的で実施した。合わせて、生育や収量を簡便な方法によって予測し、良食味米生産のための栽培管理に役立てようと試みた。本報では、移植時期が苗の活着、出穂期、成熟期に及ぼす影響を確認するとともに、それらと気温との関係について検討した。

材料と方法

試験は、1992年から1995年にかけて、香川県高松市の農家水田においてキヌヒカ리를供試して行った。試験年次には、全国的な大冷害 (全国平均の作況指数 74) となった1993年と、逆に大豊作 (同 109) となった1994年が含まれている。

育苗は、香川大学農学部ガラス室と網室内で行った。いずれの時期も育苗箱 (60 cm×30 cm×3 cm) あたり 150 g の乾籾を催芽させ、鳩胸状態になった時に播種したが、

育苗期間は播種時期により20~30日の間で調整した。また、ヒーターによる加温、ビニールトンネルによる被覆、ガラス室の窓の開閉等を通じて育苗期間中の温度を調節した。各年の移植時期は第1表に示したとおりであるが、移植当日に苗形質として草丈、葉齢、地上部乾物重を100本につき調査した。ただし、1993年は調査を行わなかった。

本田での栽植密度は30 cm×15 cmの22.2株 m⁻²で、1株3本の苗を手植えた。肥料はくみあいコシカセイ 10-10-10を用い、これを10 aあたり基肥として60 kg、追肥として出穂期前20日目前後に30 kg、出穂期に20 kgを施与した。本田での栽培は無農薬を原則とし、他の管理についても極力均一に行うように努めた。ただし、8月に降雨の多かった1992年は、II, III期区を中心にモンガレ病が発生したため、1回だけ防除を行った。

1992年と1994年に、10株につき草丈と茎数を計測した。草丈は1週間おきに調査したが、茎数はその間にも必要に応じて随時調査した。各年とも出穂期は全体の約50%が出穂した時期とし、成熟期は籾の約90%が黄熟した時期とした。成熟期に40株×3反復の計120株について穂数を計数した。

気象要因は、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。なお、1993年にも3月30日移植区を設定したが、移植後の低温により苗の半分以上が枯死 (枯死率 54.6%) したため、調査を中止した。

第1表 各年次の移植期、出穂期、成熟期および移植期の苗形質と成熟期の穂数。

年次	区	移植期 (月・日)	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	苗形質			穂数 (本株 ⁻¹)
					乾物重(mg)	草丈(cm)	葉齢	
1992	I	3・31	7・19	8・23	14.7	15.3	2.7	21.9
	II	4・28	7・27	9・2	14.0	12.5	2.6	21.9
	III	5・26	8・4	9・9	16.0	15.4	2.8	16.4
	IV	6・24	8・22	9・30	22.5	19.9	3.2	17.6
1993	I	5・4	8・1	9・10	—	—	—	18.1
	II	6・22	8・23	10・2	—	—	—	16.4
	III	7・13	9・2	10・19	—	—	—	9.5
1994	I	4・12	7・13	8・11	14.0	13.9	2.9	17.7
	II	5・17	7・28	8・25	14.1	12.3	3.2	16.0
	III	6・21	8・14	9・14	20.0	14.3	3.1	16.8
	IV	7・18	9・3	10・10	20.7	15.4	3.5	14.3
1995	I	4・11	7・28	8・26	10.5	10.5	2.8	21.7
	II	5・16	7・31	8・28	10.8	9.7	3.0	17.0
	III	6・20	8・18	9・16	13.6	11.9	3.0	17.5
	IV	7・18	9・5	10・16	16.4	11.5	3.4	17.1

結 果

1. 気象経過

第1図に、気象条件の最も悪かった1993年と最も良かった1994年および平年における日平均気温と1日あたりの日射量の半旬別平均値の推移を示した。平年値は、気温は1961～1990年、日射量は1974～1990年の平均値である。

1993年の気温は、4月上旬に一時著しく低下した後上昇し、6月下旬までほぼ平年並に経過したが、その後は10月までほとんど一貫して平年値を下回った。日射量は、4月下旬から5月上旬、6月中旬から7月上旬、および7月下旬から8月上旬にかけて顕著に少なく、8月中旬に一時平年値を上回ったが、その後も9月中旬まで平年値より低く推移した。1994年の気温は、4月上旬から10月中旬まで平年値より低くなることはなかった。日射量は、4月から6月中旬までは乱高下しながら推移したが、その後は7月中旬を除いて9月中旬まで平年値を大きく上回った。また、1992年の気象経過は1993年と平年の中間位であり、1995年は1994年に類似した形で推移した。なお、1993年は9月3日に台風13号が襲来し、糊熟期にあったI期区で大きく倒伏した。

2. 生育経過

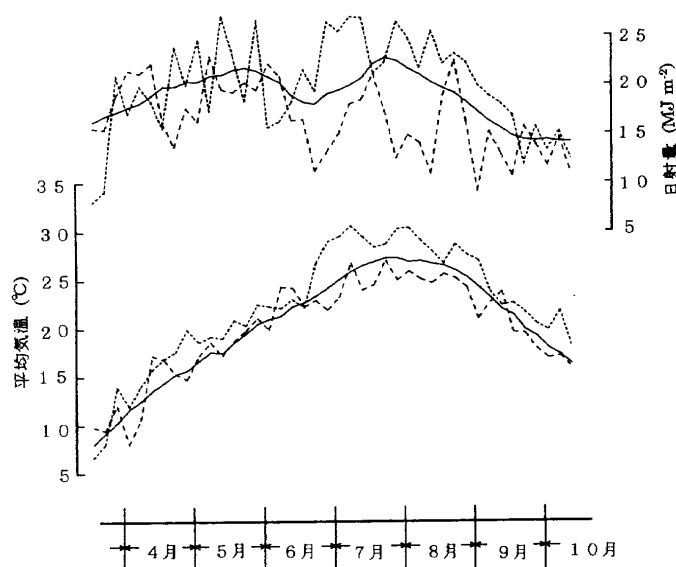
第1表に年度別の移植期、出穂期、成熟期と移植時の苗形質および成熟期の穂数を示した。年度、移植時期をこみにした移植期から出穂期までの日数（以下、出穂迄日数とする）の平均は72.5日、出穂期から成熟期までの日数（同、登熟日数）の平均は35.1日であった。いずれの年も、移植時期が早いほど出穂迄日数は長く、登熟日数は短い傾向がみられた。年度別にみると、気象条件の悪かった1993年は出穂迄日数、登熟日数とも、同じ頃に移植した

他の年よりも長くなった。逆に、気象条件の良かった1994年は、これらがともに短縮した。

苗形質については、各年とも移植期すなわち育苗時期が後になるほど苗の生育が進む傾向にあった。乾物重と草丈は、おおむね香川県の稚苗の基準（乾物重：10 mg 以上、草丈：15 cm を越えない、葉齢：3.2～3.5 齢；注：香川県の「平成9年度稲作生産改善対策指導指針」）に当てはまったが、葉齢はその基準より少ない場合もあった。特に、1992年の葉齢は他年と比べて少なかった。穂数は、各年とも移植時期が早いほど増加する傾向がみられた。気象条件の悪かった1993年の穂数は最も少なかったが、気象条件の良かった1994年もこれに次いで少なかった。

3. 草丈および茎数の推移

第2図に、平年作に近かった1992年（全国平均の作況



第1図 気象経過。

——: 平年値, ----: 1993年,: 1994年。

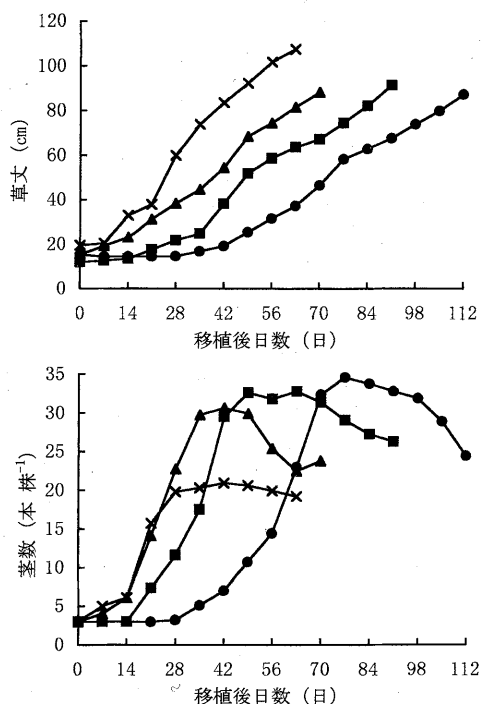
指数 101) における移植期から出穂期までの草丈と 1 株あたり茎数の推移を示した。草丈は、移植時期が早い I・II 期区では伸長が始まるまでの期間が長く、20~30 日を要した。これに対して、III・IV 期区では移植後 1 週間目頃より伸長を開始し、その後の伸長も I・II 期区より急であった。出穂期の草丈は、移植時期が早いほど高くなる傾向がみられた。茎数も草丈同様、移植時期が早いほど増加が始まるまでに長期間を要した。しかし、移植時期が早いほど最高分げつ期の茎数 (以下、最高茎数とする) は多く、その後出穂期にかけての減少数も多かった。なお、図にみられるように茎数の増加が始まる時期は、草丈の伸長が始まる時期とほとんど一致した。

1994 年は、出穂迄日数が短縮したため、移植時期による差はやや小さくなったが、全体としての傾向は 1992 年と変わらなかった。

第 3 図は、1992 年と 1994 年の 1 株あたり最高茎数と移植後 30 日間の平均気温の平均値 (以下、単に平均気温とする) および穂数との関係を示したものである。移植後 30 日間の平均気温と最高茎数との間には有意な負の相関が認められ、平均気温が低いほど茎数は多くなる傾向がみられた。最高茎数と穂数とは 1% 水準で有意な正の相関を示したが、穂数と有効茎歩合 (穂数/最高茎数) との相関は $r = -0.543$ で有意ではなかった。すなわち、穂数は有効茎歩合よりも最高茎数に強く規制されていた。

4. 初発分げつ迄日数の推定

第 4 図に、1992 年と 1994 年の移植後 5 日間の平均気温



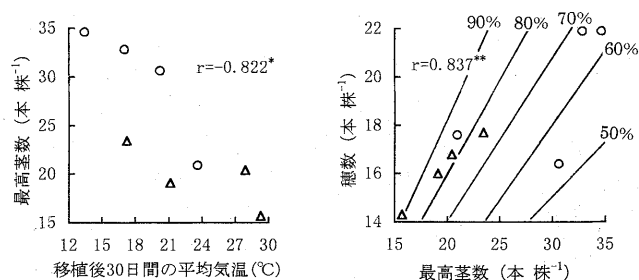
第 2 図 草丈および茎数の推移 (1992 年)。

●: I 期区, ■: II 期区, ▲: III 期区, ×: IV 期区。

と移植後最初の分げつ発生までの日数 (以下、初発分げつ迄日数とする) との関係を示した。平均気温が低くなるほど初発分げつ迄日数は長くなったが、16~17°C 以下になるとその度合いが強くなる傾向がみられた。そこで、移植後 5 日間の平均気温 (X_1) と初発分げつ迄日数 (Y_1) の自然対数値との相関を求めたところ、 $r = -0.846^{**}$ という 1% 水準で有意な負の相関係数が得られた。すなわち、初発分げつ迄日数は、次の指数関数に適合した。

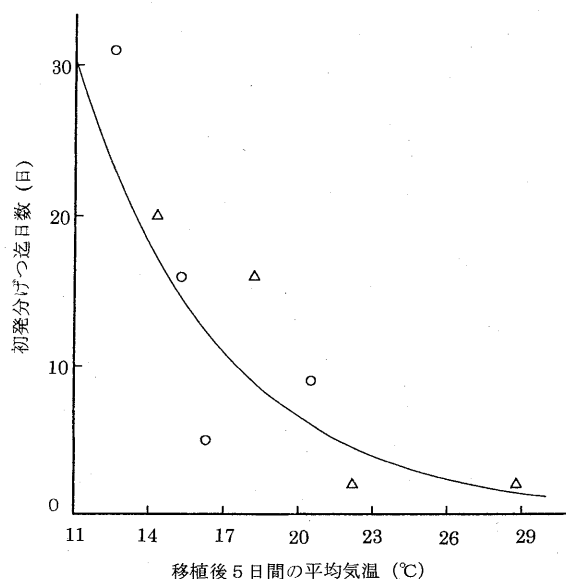
$$Y_1 = 197.35 \times e^{-0.170 X_1} \dots \dots \dots (1)$$

分げつの発生には苗質も影響する (山本 1991) と考えられるので、苗の葉齢×充実度 (乾物重/草丈) によって苗質を代表 (楠谷 1986) させ、これ (X_2) と X_1 を説明変数、 Y_1 の自然対数値を目的変数として重回帰分析を行った。その結果得られた重回帰係数は $R = 0.846^{**}$ で 1% 水準で有意であったが、 X_1 と Y_1 の自然対数値との単相関係数と変わらなかった。また、標準偏回帰係数から推定した X_1 と X_2 の貢献割合は 87.7:12.3 であった。これらより、本試験の場合、初発分げつ迄日数は移植後の気温に強



第 3 図 最高茎数と移植後 30 日間の平均気温および穂数との関係。

○: 1992 年, △: 1994 年。
*, **: 5%, 1% 水準で有意。
図中の等値線: 有効茎歩合。



第 4 図 初発分げつ迄日数と平均気温との関係。

○: 1992 年, △: 1994 年。

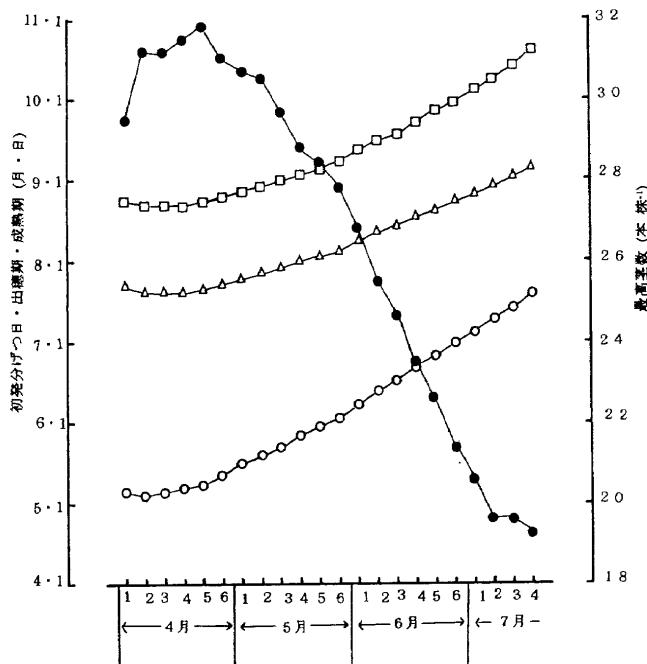
く規制され、苗質の差はそれ程影響していないと判断された。このため、本報では(1)式に基づいて解析を進めた。

先に第3図でみたように、最高茎数は移植後30日間の平均気温と有意な負の相関関係にあった。しかし、茎数には分げつ発生日までの長短も影響する(山本1991)と考えられる。そこで、最高茎数(Y_2)を目的変数、移植後30日間の平均気温(X_3)と初発分げつ迄日数(X_4)を説明変数とする重回帰分析を行った。その結果、

$$Y_2 = -1.844 X_3 - 0.487 X_4 + 69.957 \dots\dots\dots (2)$$

という重回帰式($R=0.881^{**}$)が得られた。また、 X_3 と X_4 の標準偏回帰係数比は67.4:32.6であった。すなわち、最高茎数は移植後の気温が低いほど増加するが、気温が同じであれば分げつ発生が早いほど多くなり、その影響力は約2:1と推定された。

第5図は、4月1半旬から7月4半旬までの半旬ごとに移植した場合を想定し、その後5日間の平年における平均気温を(1)式に代入して、平年の気象条件下における移植時期別初発分げつ日を推定したものである。また、これから導かれる初発分げつ迄日数と移植後30日間の平年の平均気温を(2)式に代入し、移植時期別最高茎数を予測した。図にみられるように、4月1半旬から4月5半旬までは移植時期に関わらず、初発分げつ日は5月上旬のほとんど同じ頃になると予想される。1株あたり最高茎数は4月5半旬が31.8本で最も多く、それより移植が早くても遅くても減少する単頂型の変化を示した。しかし、4月2半旬から5月2半旬の移植では31本前後の範囲に納まると予想され、移植時期による差は小さいとみられた。すなわち、移植が5月3半旬以降になると最高茎数は急激に減



第5図 平年の気象条件下での移植時期別の初発分げつ日、出穂期、成熟期および最高茎数の推定値。
○:初発分げつ日, △:出穂期, □:成熟期, ●:最高茎数。

少するが、4月2半旬から5月2半旬までの移植では茎数にそれ程の差は生じないと推測される。なお、5月2半旬に移植した場合の推定初発分げつ迄日数は12日、その間の平年の平均気温は16.7℃であった。

5. 出穂期および成熟期の推定

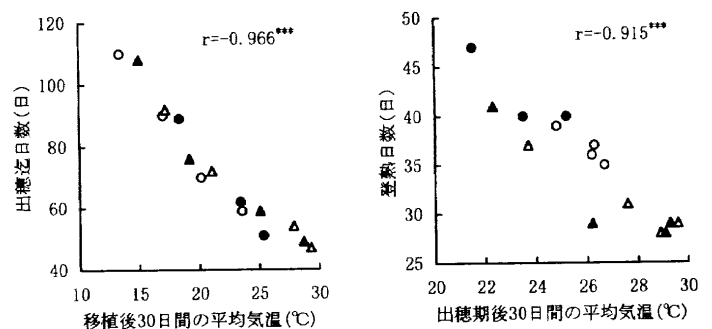
出穂期や成熟期と気象要因との関係についてはこれまでも多数の報告(山川1962, 佐本ら1964, 佐本1966, 村田1976, 金1983)がみられるが、これらは移植期から出穂期まで、あるいは出穂期から成熟期までの期間全体の気象値を用いて解析した例が多い。本試験でも移植期から出穂期までの平均気温と出穂迄日数との関係を調べた結果、 $r=-0.936^{***}$ という0.1%水準で有意な負の相関係数が得られた。また、出穂期から成熟期までの平均気温と登熟日数とは $r=-0.887^{***}$ の0.1%水準で有意な負の相関を示した。すなわち、出穂期まで、また登熟期を高温に経過するほど出穂迄日数と登熟日数は短くなった。しかし、早期に施肥計画や刈取計画を立てるためには、なるべく早い時期に出穂期や成熟期が予測できることが望ましい。そこで本報では、移植後30日間の平均気温および出穂期後30日間の平均気温を用いて出穂期、成熟期との関係を検討した。

第6図は、移植後30日間の平均気温と出穂迄日数との関係および出穂期後30日間の平均気温と登熟日数との関係を示したものである。まず、出穂迄日数(Y_3)についてみると、移植後30日間の平均気温(X_3)との間に有意な負の相関関係が認められ、両者の関係は次式によって表された。

$$Y_3 = -4.0 X_3 + 159.7 \dots\dots\dots (3)$$

しかし、(3)式に基づいて算出した推定出穂迄日数と実際の出穂迄日数を比較すると、両者の相関係数は $r=0.967^{***}$ で、0.1%水準で有意であったが、平均4.5日の差がみられた。

出穂期は苗の活着が遅れるほど遅延することが多くの報告(三本1983, 山本1991)によって指摘されている。本試験においても同じことが考えられるので、茎数の推移を



第6図 出穂迄日数および登熟日数と平均気温との関係。
○:1992年, ●:1993年, △:1994年, ▲:1995年。
***:0.1%水準で有意。

調査した1992年と1994年につき、 X_3 と初発分げつ迄日数(X_4)を説明変数、 Y_3 を目的変数とする重回帰分析を行った。その結果、

$$Y_3 = -2.56 X_3 + 0.76 X_4 + 118.86 \dots\dots\dots (4)$$

という重回帰式が得られた。重回帰係数は $R=0.982^{***}$ で0.1%水準で有意であり、 Y_3 の変動の97%までが X_3 と X_4 によって説明された。また、 X_3 と X_4 の標準偏回帰係数比は64.7:35.3で、出穂迄日数に対する移植後30日間の平均気温と初発分げつ迄日数の影響力は約2:1と推定された。なお、(4)式により算出した推定出穂迄日数と実際の出穂迄日数は $r=0.987^{***}$ の0.1%水準で有意な相関を示し、平均誤差日数は2.9日であった。

出穂期後30日間の平均気温(X_5)と登熟日数(Y_4)との間には、

$$Y_4 = -2.1 X_5 + 89.2 \dots\dots\dots (5)$$

という直線回帰式が成立した。(5)式に基づく推定登熟日数と実際の登熟日数との相関係数は $r=0.918^{***}$ で、0.1%水準で有意であった。また、その平均誤差日数は1.9日であった。

このように、(3)、(4)および(5)式による精度はDVR(堀江・中川1990、石橋ら1990)やDVS(寺田1993、山本ら1993)による推定よりは劣ったが、実用上の簡便法としては利用可能と考え、これらに基づいて4月1半旬から7月4半旬までの半旬ごとに移植した場合の平年の気象条件下における出穂期と成熟期を推定した。先ず、前節で推定した初発分げつ迄日数と移植後30日間の平年の平均気温を(4)式に代入して出穂期を求めた。次に、そこで得られた出穂期を起点とし、その後30日間の平年における平均気温を(5)式に代入して成熟期を求めた。第5図に、こうして得られた平年における半旬ごとの移植時期別の推定出穂期と推定成熟期を示した。これよりみて、4月1半旬から5月2半旬までに移植すると出穂期は7月後半、成熟期は8月下旬から9月初旬になると予想される。その後移植時期が晩くなるほど出穂期、成熟期とも遅れるが、成熟期の遅れ方がやや大きく、登熟日数は少しずつ拡大していく。すなわち、香川県の普通期作にあたる6月中旬の移植では出穂期が8月4半旬、成熟期は9月5半旬で、登熟日数は37日位であるが、7月以降に移植すると出穂期は8月下旬から9月上旬、成熟期は10月にずれこみ、登熟日数も40日以上を要するようになる。

考 察

移植時期の移動に関する研究は、薦田ら(1949)が香川県で行った研究が契機となり、その後全国的に広く実施された(石川ら1955、山田・太田1956、山川1962、小松ら1964、佐本ら1964、佐本1966)。これらの成果は早期栽培による収量の増加とともに、西南暖地における台風の被害を回避するうえで大きな役割を果たした。近年では、良食味米生産という立場から移植時期についての研究が再び増

加しつつある(松江ら1991、楠谷ら1992、戸倉ら1992、吉永・小林1992)。本研究も同様の立場から香川県におけるキヌヒカリの生育や収量、食味と移植時期との関係を明らかにする目的で実施した。

移植時期が草丈、茎数、穂数に及ぼす影響については、従来の報告(山田・太田1956、山川1962、小松ら1964、佐本1966)と同じであった。すなわち、移植時期が早いほど草丈は低く、茎数および穂数は増加する傾向にあった。このように、早期移植は茎数、ひいては穂数の増加をもたらす(山田・太田1956、山川1962、小松ら1964、佐本1966)とみられたが、これにも自ずから限度があると思われる。すなわち、移植後の極端な低温は活着に悪影響を及ぼし(八柳1960a、三本1983、楠谷ら1992)、その後の生育をかえって抑制する(八柳1960a、三本1983)。本試験においても1993年の3月30日の移植では、当日の最低気温が -2.4°C まで低下し、田面水は結氷した。その後5日間の平均気温も 10.8°C で極めて低く、このため苗の大半が枯死し、調査は中断を余儀なくされた。したがって、無制限な移植時期の早進はさけるべきだと考えられたので、その限界を知るために苗の活着と移植後の気温との関係を検討した。

移植後5日間の平均気温と初発分げつ迄日数とは(1)式の指数関数によく当てはまることを認めた。すなわち、移植後5日間の平均気温が $16\sim 17^{\circ}\text{C}$ 以下になると初発分げつ迄日数が急激に延長する傾向がみられた。また、最高分げつ期の茎数と移植後30日間の平均気温および初発分げつ迄日数との間に有意な重回帰式(2)が成立し、移植後30日間の気温が同じであれば分げつの発生が遅れるほど最高茎数は少なくなった。さらに、最高茎数は穂数と有意な正の相関を示し、穂数は有効茎歩合よりも最高茎数に強く支配されていた。これらより、初発分げつ迄日数は移植時期すなわち移植後の気温の規制を強く受けるが、最高茎数を通じて穂数にも影響していることが判明した。

活着の定義は研究者によって異なる(八柳1960a、石塚・田中1969、星川1975、三本1983、山本1991)が、西山(1985)は生理学的な観点からは発根や根の伸長により判定するのが最善であるとしながらも、栽培的な見地からは最初の分げつが出現した時期によるのが適当であろうと述べている。八柳(1960a)は、移植後初発分げつが発生した日を活着期として気温との関係を検討し、気温が 16°C 以下では活着日数が急に長くなると報告している。山本(1991)も初発分げつ発生日を活着期とみなし、その後の生育や収量関連形質との関係について詳細な研究を行っている。この報告(山本1991)によれば、初発分げつ迄日数が12日を越えると稈長や茎数、穂数に対する影響が強く現れる場合が多い。本試験の結果でも、推定初発分げつ迄日数が12日となる5月2半旬までの移植では最高茎数の変動は小さいと予測されたが、平年における5月2半旬の平均気温は 16.7°C であった。これらより、分げつ発生

からみた活着温度は16~17°Cと考えるのが妥当と判断した。西山(1985)も、これまでの多数の研究報告を総合し、分げつ発生の限界温度は15~18°C程度と指摘している。一方、活着を発根、根の伸長、葉齢、苗の立ち上がり、乾物重等で判定した他の報告(八柳1960b, 木根淵1969, 三本1983)によれば、活着温度を12~13°Cとしていることが多く、西山(1985)の報告でも発根の限界温度は12°C前後であろうとされている。このように、分げつ発生と発根等からみた活着温度には4°C程度の差があると推定される。

発根等からみた活着温度は、これ以下では発根、根の伸長、乾物重の増加等がほとんどみられない苗の生長の限界温度を意味するものと理解される。一方、分げつ発生からみた活着温度は発根等からみた場合よりも高いため、この温度条件下では既に発根し、根の伸長も徐々に進行していると推測される。また、上に述べたように、この温度の前後で初発分げつ迄日数や茎数が大きく変化する。したがって、分げつ発生からみた活着温度は、その後の生育や茎数確保からみて安全な活着が保証される温度を示していると言える。そこで本試験では、移植後5日間の平均気温12~13°Cを限界活着温度、16~17°Cを安全活着温度とみなし、香川県の平年の気象値にあてはめるとそれぞれ4月3半旬、5月2半旬となった。本試験では根の調査は行っていないが、香川県の平年の気象条件であれば4月上旬の移植では初発分げつ迄日数が1カ月前後かかること、そのため4月5半旬までは移植時期に関わらず初発分げつ日が5月上旬の同じ頃になること、分げつ発生と草丈伸長の開始期がほぼ一致することからみて4月中は苗の地上部はほとんど生長を停止していると推定されること、4月上旬の移植では中・下旬に移植した場合よりも最高茎数が減少すると予測されること等を考え合わせると、12~13°Cを限界活着温度とみなしても大過はないと考えられる。これらより、香川県におけるキヌヒカリの限界移植期は4月中旬、安全移植期は5月上旬と判断した。

移植時期が早いほど出穂迄日数は長くなり、登熟日数は短縮する傾向にあった。これは、移植時期が早くなるほど出穂期までを低温に、出穂期後を高温に経過することに起因していた(石川ら1955, 山川1962, 佐本1966, 村田1976)。そこで、移植後30日間の平均気温と出穂迄日数、および出穂期後30日間の平均気温と登熟日数との関係を検討したところ、いずれも有意な負の相関関係が認められ、直線回帰式(3)および(5)を得た。しかし、(3)式より求めた推定出穂迄日数と実際の出穂迄日数を比べると、平均4.5日の差がみられた。出穂期の遅延には苗の活着日数も関係する(三本1983, 山本1991)と考えられるので、初発分げつ迄日数も合わせて重回帰分析を行った。その結果、(3)式に基づくよりも適合性の高い(4)式が得られた。すなわち、(4)式を用いた場合、推定出穂迄日数と実際の出穂迄日数との誤差は平均2.9日に縮まった。

良食味米の生産には特に施肥管理が重要である(楠谷ら1992)が、そのためには早い時期に出穂期を予測し、適正な施肥計画を立てる必要がある。出穂期と気象との関係については既に多くの報告(山川1962, 佐本ら1964, 佐本1966, 村田1976, 金1983)がみられるが、これまでの例は出穂期までの気象値を用いて解析したものが多く、しかし、この方法では出穂期までの気象経過をみなければならぬため、予め当年の出穂期を予測することには使えない。その意味で、DVR(堀江・中川1990, 石橋ら1990)やDVS(寺田1993, 山本ら1993)による生育予測の精度は高いが、計算方法が複雑で、実際に農家が生産現場において活用することは難しいと思われる。これらに対し、本試験で得られた結果は、初発分げつ迄日数と移植後30日間の平均気温で出穂期を3日前後の誤差で予測できるものである。分げつの発生時期は圃場においても比較的簡単に観察することができるので、本試験の結果は個々の農家にも簡便法としての利用が可能であると思われる。しかも早い時期に出穂期が予測できるため、早期に施肥計画を立てることに役立つものと考えられる。

なお、出穂反応には日長も影響することが知られており、堀江・中川(1990)および山本ら(1993)も生育予測には日長の影響を考慮する必要があると指摘しているが、本試験では日長との関係については検討することができなかった。また、苗形質との関係についてもより詳細な解析が必要である。これらに関しては今後さらに検討を加え、香川県におけるキヌヒカリの計画栽培に役立つより精度の高い出穂予測式を得たいと考えている。

謝辞: 高松市川部町の畠山清氏には、水田を拝借したうえ日常管理について多大な協力をいただいた。論文の取りまとめにあたっては、高知大学の山本由徳教授に御助言と御校閲を賜った。また、気象データは香川県農業試験場から提供していただいた。各位に対し、心から御礼申し上げます。

引用文献

- 堀江武・中川博視 1990. イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究. 第1報 モデルの基本構造とパラメータの推定法および出穂予測への適用. 日作紀 59: 687-695.
- 星川清親 1975. 解剖図説 イネの生長. 農文協, 東京. 81-91.
- 石橋英二・桐山隆・田村良文・金野隆光・小野祐幸 1990. ノンパラメトリック回帰を用いた温度影響評価による水稻の生育期予測. 日作紀 59: 443-449.
- 石川越三・近藤早・池永昇 1955. 播種期の移動による水稻品種間の生態的特性の変異. 四国農試報 2: 1-9.
- 石塚喜明・田中明 1969. 水稻の栄養生理. 養賢堂, 東京. 102-109.
- 木根淵旨光 1969. 水稻稚苗栽培技術の確立ならびに機械化技術における実証的研究. 東北農試研報 38: 1-151.
- 小松良行・原慎紀・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.
- 薦田快夫・末沢一男・白井勇 1949. 水稻栽培期の可動性と水田輪栽に

- 就いて. 香川県農業改良課研報 2:1-9.
- 金忠男 1983. 水稻の出穂期の推定に対する直線回帰式の利用. 農及園 58:1345-1348.
- 楠谷彰人 1986. 北限地帯における水稻の生産生態に関する研究. 第3報 苗質が乾物生産と収量に及ぼす影響. 日作紀 55:526-532.
- 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.
- 松江勇次・水田一枝・古野久美・吉田智彦 1991. 北部九州産米の食味に関する研究. 第1報 移植時期, 倒伏の時期が米の食味および理化学的特性に及ぼす影響. 日作紀 60:490-496.
- 三本弘乗 1983. 東北地方北部における水稻苗の活着に関する研究. 青森農試研報 27:1-69.
- 村田吉男 1976. 生育相の変化とその原因. 村田吉男・玖村敦彦・石井龍一共著, 作物の光合成と生態. 農文協, 東京. 151-156.
- 西山岩男 1985. イネの冷害生理学. 北海道大学図書刊行会, 札幌. 73-117.
- 佐本啓智・鈴木嘉一郎・山川勇・宇田昌義・杉本勝男 1964. 栽培時期の移動による水稻の生態変異に関する研究. 早期・早植栽培水稻の出穂期・主稈葉数の早期予測について. 東海近畿農試研報 10:82-92.
- 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.
- 寺田優 1993. 北陸地域における水稻の生育診断・予測技術開発研究の現状. 日作紀 62:641-646.
- 戸倉一泰・片寄裕一・岩崎哲也・古澤孝行 1992. 水稻移植期の早晩と米の理化学的特性及び食味の関係. 日作紀 61(別1):180-181.
- 山田登・太田保男 1956. 早期及び晩期栽培水稻の生育相. 農及園 31:769-774.
- 山川寛 1962. 暖地における栽培時期の移動に伴う水稻の生態変異に関する研究. 佐賀大農報 14:23-159.
- 山本由徳 1991. 水稻の移植における植傷みとその意義に関する研究. 高知大農紀要 54:1-167.
- 山本良孝・川口祐男・高橋渉 1993. 水稻発育段階予測法の異なる作期及び栽培地域への適用. 日作紀 62:485-490.
- 八柳三郎 1960a. 東北地方における稲作の計画栽培について [1]. 農及園 35:931-934.
- 八柳三郎 1960b. 東北地方における稲作の計画栽培について [4]. 農及園 35:1425-1428.
- 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.

Effect of Transplanting Time on Growth of Rice Cultivar "Kinuhikari" in Kagawa Prefecture —Temperature effect on time of appearance of the first tiller, heading and maturation— : Kazuyoshi UEDA, Akihito KUSUTANI*, Koh-ichiro ASANUMA and Masahiko ICHII (*Fac. of Agr., Kagawa Univ., Miki, 761-0795, Japan*)

Abstract : This experiment was carried out in order to examine the influence of transplanting time on the growth of rice plants in Kagawa Prefecture, Japan. A rice cultivar, Kinuhikari, was transplanted at 3-4 different times from 1992 to 1995. The number of days required for first tiller appearance (DFTA), the number of days from transplanting to heading time (DTH) and the number of days from heading to maturation (DHM) were investigated in relation to temperature. The relation between DFTA (Y_1) and the mean temperature for 5 days after transplanting (X_1) was expressed by means of the following equation ;

$$Y_1 = 197.35 \times e^{-0.170X_1} \dots\dots\dots (1).$$

According to this equation, the estimated DFTA was prolonged abruptly and required more than 12 days when (X_1) was below 16~17°C. This temperature corresponded to that of the second five days of May in Kagawa Prefecture. Similarly, DTH (Y_2) was expressed by the mean temperature for 30 days after transplanting (X_2) and DFTA (X_3) ;

$$Y_2 = -2.56X_2 + 0.76X_3 + 118.86 \dots\dots\dots (2).$$

DHM (Y_3) was expressed by the mean temperature for 30 days after heading (X_4) as follow ;

$$Y_3 = -2.1X_4 + 89.2 \dots\dots\dots (3).$$

Therefore, we estimated that the safe transplanting time in Kagawa Prefecture is during the second five days of May. Also, heading time and maturation can easily be estimated by equations (2) and (3), respectively.

Key words : Heading time, Kinuhikari, Mean temperature, Number of days from heading time to maturation, Number of days from transplanting to heading time, Number of days required for first tiller appearance, Rice, Transplanting time.