

水稻における出穂期の影響を補正したアミロース含有率を指標とした良食味品種の選抜

大里久美*・浜地勇次・川村富輝・今林惣一郎

(福岡県農業総合試験場)

要旨: 米の食味はアミロース含有率と相関がある。しかし、アミロース含有率は出穂期と相関が高いため、アミロースの低い品種を選抜することは早生に偏る危険性がある。そこで、出穂期に対する精米のアミロース含有率の一次回帰式を計算し、得られた回帰からの偏差に全測定値の平均値を加えた値を補正アミロース含有率とした。気象条件の異なった3年間ともに補正アミロース含有率と食味との相関係数は有意であり ($r = -0.535^{**}$, -0.439^{**} , -0.589^{**})、補正アミロース含有率の低い品種は良食味となる傾向にあった。補正アミロース含有率と翌年の食味との相関係数は3年間とも有意であり (-0.470^{*} , -0.417^{**} , -0.479^{**})、補正アミロース含有率の低い品種ほど翌年の食味が優れる傾向であった。このように、補正アミロース含有率は良食味品種を選抜する際の有効な指標であった。したがって、この値を指標とすれば早生に偏ることなく、良食味品種の選抜が可能であると考えられる。また、搗精を省略した玄米の補正アミロース含有率でも精米と同様に食味との相関が認められ、良食味品種を選抜するための有効な指標となることが明らかになった。

キーワード: アミロース含有率、回帰分析、出穂期、食味、水稻。

近年は消費者の良食味嗜好が高まり、水稻育種において良食味は最も重要な目標となっている。しかし、米の食味官能試験は多量の試料を必要とし、多数の材料を扱うのが困難である。このため、少量で、しかも多くの材料を扱う育種の場合には、理化学的特性による予備的な選抜が重要となってくる。食味と関係がある理化学的特性には、澱粉のアミログラム特性、窒素含有率、アミロース含有率などがある(倉沢 1970, 竹生ら 1983)。その中で、アミロース含有率は米飯の粘りと関係があり、含有率の低い米は良食味であることが認められており(倉沢 1970)、北海道では良食味品種を選抜する際の指標として用いられ、水稻品種の食味向上に寄与した(稲津 1988, 佐々木ら 1988)。

しかし、アミロース含有率は登熟温度と相関があり(Asaoka ら 1985 a, 稲津 1988)、早生品種はアミロース含有率が低くなる(佐々木・長峰 1988, 東ら 1991)。著者らは北部九州においてもアミロース含有率の遺伝率は高く、アミロース含有率が良食味品種の選抜に有効であることを示唆するとともに、アミロースが低い品種を選抜することは早生に偏る危険性があることを指摘した(古野ら 1991)。このため、アミロース含有率による選抜にあたっては出穂期の影響を補正する必要がある。しかし、出穂期の影響を補正したアミロース含有率と食味との関係、早生に偏らずに良食味品種を選抜する方法についての報告はない。また、近年は育成品種の食味が全般的に高まるなかで、良食味品種間の比較では両者に関係を認めなかったとする報告があり(東ら 1991)、良食味の品種でもアミロース含有率による選抜が有効かどうかを検討することも重要であると考えられる。

さらに、搗精作業を省力化した玄米についてのアミロース含有率と食味との関係についての報告もない。

そこで本研究では、出穂期に対するアミロース含有率の回帰式を利用して、出穂期の影響を補正したアミロース含有率(以下、補正アミロース含有率とする)と食味との関係、補正アミロース含有率が良食味品種の選抜指標として利用できるかどうかを精米と玄米について検討した。

材料と方法

1. 出穂期で補正した精米アミロース含有率と食味との関係

以下の試験は福岡県農業総合試験場の砂壤土水田で行った。供試品種は1993年～1995年にコシヒカリ、キヌヒカリ、夢つくし、ヒノヒカリ、ユメヒカリなどの良食味品種を主な交配母本とした25～32組合せに由来し、F4～F5世代以降に、圃場での立毛、玄米の外観品質、穂発芽および葉いもちなどについて選抜を行ってきた、それぞれ41, 73, 47系統(世代はF6～F7)を用いた。栽培方法は6月9～11日に、株間14 cm, 条間31 cmに1株につき3本を移植し、1区面積は6.8 m², 1～2区制とした。施肥量(基肥+第1回穂肥+第2回穂肥)は極早生種が10a当たり窒素成分で5.0+2.0+1.5 kg, 早生種が6.0+2.0+1.5 kg, 中生種が6.0+2.5+1.5 kg, 晩生種が7.0+3.0+2.0 kgとした。出穂期、精米のアミロース含有率および食味官能試験による食味総合評価値(以下、食味とする)について調査した。

精米のアミロースはオートアナライザーII型(プランルーベ社製)を用いてJuliano (1971)の自動分析システムを応用した稲津(1988)の方法により比色定量した。出穂期に対するアミロース含有率の測定値の一次回帰式を算出した。アミロース含有率の測定値(A)と回帰式から得られた推定値(B)の差(回帰からの偏差)に全測定値の

平均値 (M) を加えた値を補正アミロース含有率 (C) とした。

$$C = M + (A - B)$$

なお、以後の計算結果に M の有無は影響しないが、補正する前のアミロース含有率の値と対比しやすいように M を加えた。補正アミロース含有率は年次ごとに算出した。

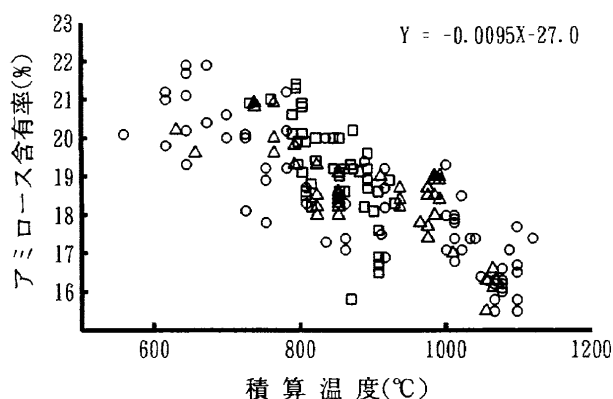
食味官能試験は、コシヒカリを基準とし 1 回の供試点数を 10、パネル構成員を 15～24 名とし (松江 1992)、食糧庁の方式 (注: 食糧庁 1968、米の食味試験実施要領) に準じて行った。

本試験に供した合計 161 の系統のうち、93%にあたる 150 系統は日本晴以上の食味であった。

登熟気温とアミロース含有率の関係をみるために、出穂後 40 日間の積算気温 (稲津 1988) に対するアミロース含有率の一次回帰式を算出した。また、出穂期とアミロース含有率との関係をみるために両者の相関係数、精米の補正アミロース含有率と食味との関係をみるために両者の相関係数を年次ごとに算出した。

2. 出穂期で補正した精米のアミロース含有率を指標とした良食味品種の選抜効果

1992 年に試験 1 とほぼ同様の組合せからなる 30 系統 (F4～F5) を用いて、先述の方法で精米の補正アミロースを調査し、さらに同一品種についてその翌年に食味を調査し、精米の補正アミロース含有率と翌年の食味との相関係数を算出した。1992 年の栽培方法は 1 系統当たり、1 本植で 24 株を移植し、施肥量 (基肥+穂肥) は極早生～早生種が 10 a 当たり窒素成分で 5.0+2.0 kg、中生～晩生種が 6.0+2.5 kg とした。1993 年の栽培方法は試験 1 と同様であった。1993 年と 1994 年、1994 年と 1995 年に供試したそれぞれ 62 系統、45 系統についても、同様にして精米の補正アミロース含有率と翌年の食味との相関係数を算出した。



第1図 出穂後 40 日間の積算気温とアミロース含有率との関係。□は 1993 年、◇は 94 年、△は 95 年の材料。

3. 出穂期で補正した玄米のアミロース含有率を指標とした良食味品種の選抜効果

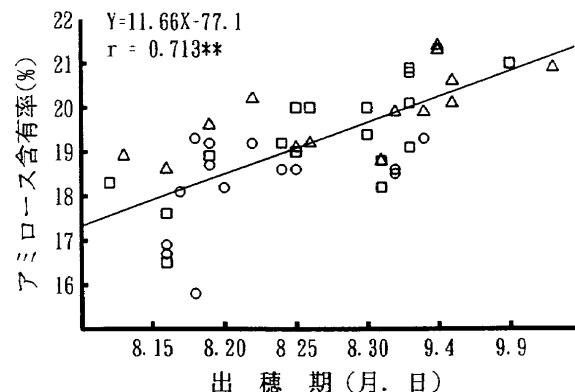
精米と玄米のアミロース含有率を比較するために、ヒノヒカリ/ミヤコ 95、ヒノヒカリ/中部 56 号の 2 組合せの 151 系統 (F6) を 1994 年に 1 系統当たり、1 本植で 24 株栽培した。1995 年にも同一の 151 系統 (F7) を 1 系統当たり 1 本植で 36 株栽培した。精米および玄米アミロース含有率の相関係数を算出した。

出穂期で補正した玄米のアミロース含有率 (以下、玄米補正アミロース含有率とする) と食味との関係をみるために、1994 年に試験 1 と同じ 47 系統 (F5～F7) を用い、玄米補正アミロース含有率と食味を調査した。さらに、玄米の補正アミロース含有率を指標とした良食味品種の選抜効果をみるために、1994 年に 24 系統 (F6～F7) を用いて玄米補正アミロース含有率を求めた。その翌年の 1995 年に同一品種について食味を調査し、玄米補正アミロース含有率と翌年の食味との相関係数を算出した。移植期、施肥量は 1、2 の試験と同様であった。

結 果

1. 出穂期で補正した精米のアミロース含有率と食味との関係

出穂後 40 日間の積算気温とアミロース含有率の関係を第 1 図に示した。1993 年～1995 年の 3 年間ににおける供試材料の登熟期間の積算気温の平均は、低温年であった 1993 年が 858.0°C と、高温年であった 1994 年の 1012.3°C や 1995 年の 993.4°C と比較して低い値であった。このように年次によって積算気温は異なるものの、年次をこみにした場合、積算気温 (X) に対するアミロース含有率 (Y) の回帰式は $Y = -0.0095X + 27.0$ で、積算気温が 100 度高まるとアミロース含有率が 0.95% 低下した。年次別にみると、1993～1995 年のアミロース含有率と出穂期との相関係数はそれぞれ 0.713、0.818、0.823 であり、いずれも 1% 水準で有意な相関であった。出穂期 (X) に対する



第2図 出穂期とアミロース含有率との関係。1993 年の材料で、食味は、○は 0.58～0.34 (コシヒカリ並かわずかに劣る品種)、□は -0.35～-0.69、△は -1.25～-0.70 (日本晴並かわずかに劣る品種) である。

アミロース含有率 (Y) の回帰式は, 1993 年; $Y=11.66X-77.1$, 1994 年; $Y=18.83X-135.8$, 1995 年; $Y=16.37X-115.7$ と, 低温年であった 1993 年の回帰係数は高温年であった 1994, 1995 年と比較して小さかった。

アミロース含有率と食味との相関係数は, 1993 年が -0.612 , 1994 年が -0.541 , 1995 年が -0.608 で, 3 年間ともに 1% 水準で有意であり, 北部九州の良食味品種を対象としても, アミロース含有率と食味との間に負の相関が認められた。

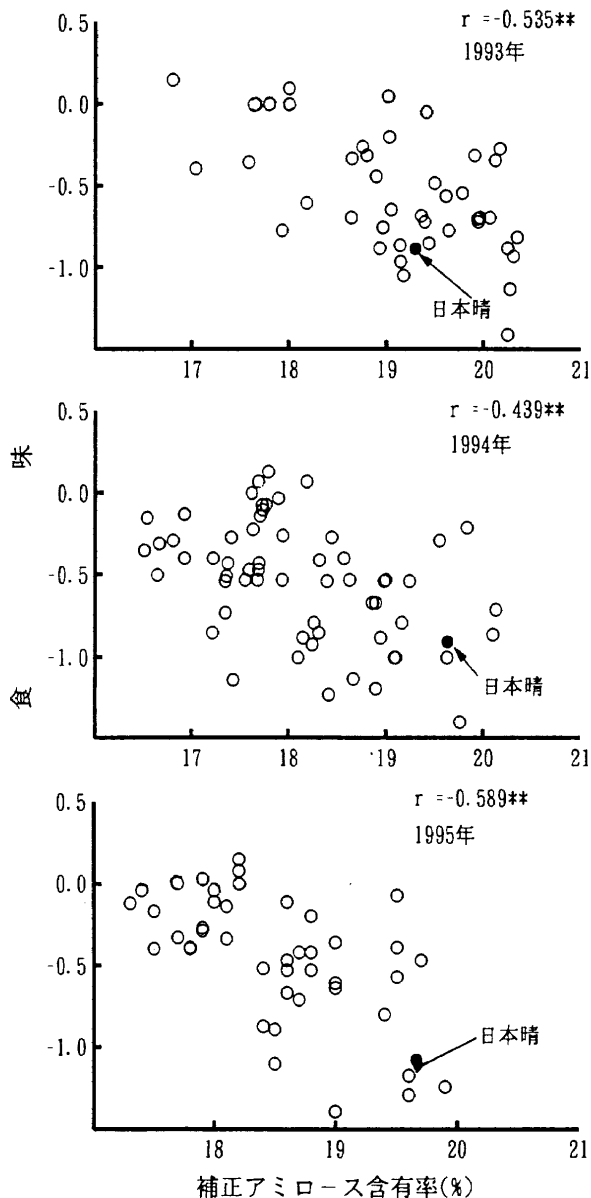
1993 年について, コシヒカリと日本晴の食味を基準として供試材料を 3 つに分類し, 出穂期とアミロース含有率との関係を第 2 図に示した。食味がコシヒカリ並かわずかに劣る品種 (食味が $-0.34 \sim -0.58$) の 71% は回帰直線の下に, 日本晴並かやや劣る品種 (食味が $-1.25 \sim -0.70$) の 64% は回帰直線の上に位置していた。この傾向は 1994 年, 1995 年も同様であった。このように, 食味は回帰か

らの偏差と関係のあることを示した。そこで 1993 年～1995 年の補正アミロース含有率と食味との関係を第 3 図に示した。両者の相関係数はそれぞれ -0.535 , -0.439 , -0.589 と, 3 年間ともに 1% 水準で有意であった (第 3 図)。

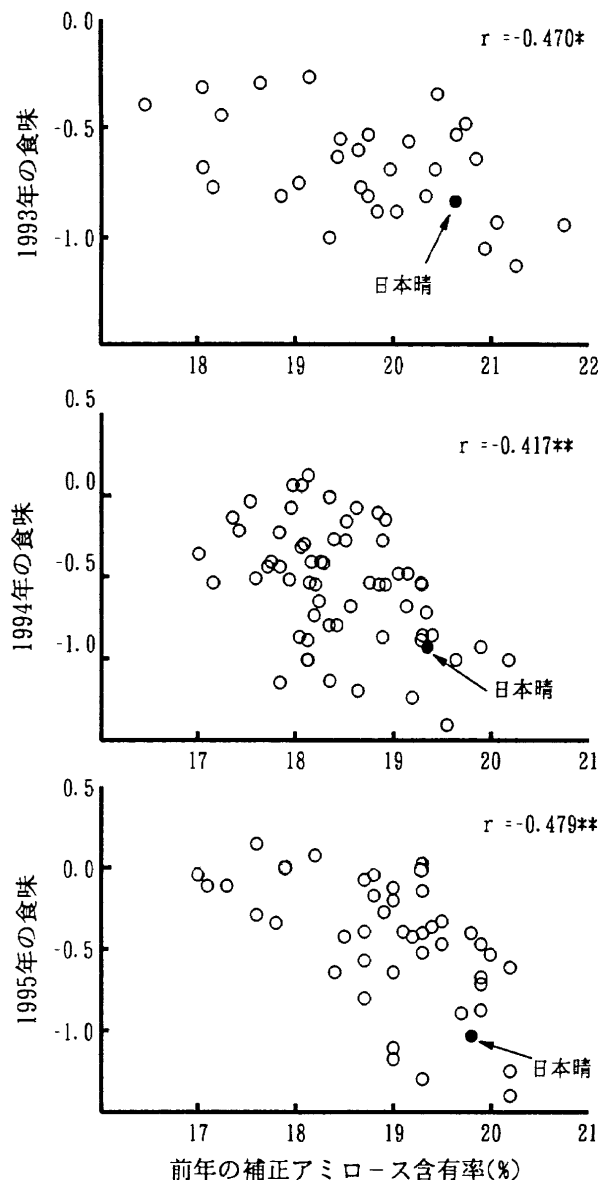
2. 出穂期で補正した精米のアミロース含有率を指標とした良食味品種の選抜効果

1992 年の補正アミロース含有率と 1993 年の食味との関係, 同様に 1993 年と 1994 年, 1994 年と 1995 年との関係を第 4 図に示した。補正アミロース含有率と翌年の食味との相関係数は 1993 年が -0.470 で 5% 水準で有意, 1994 年と 1995 年がそれぞれ -0.417 , -0.479 と 1% 水準で有意であった。

1993 年は全品種の出穂期の平均値が 8 月 26 日であり, 全品種のなかでアミロース含有率の低い 1/3 の品種の平均



第3図 補正アミロース含有率と食味との関係。



第4図 前年の補正アミロース含有率と翌年の食味との関係。

値は8月20日であった。1994年は同様に8月18日に対して8月10日、1995年は8月20日に対して8月16日であった。これらの材料について、補正しないアミロース含有率を指標として含有率の低い1/3の品種を選抜した場合、出穂期が4～8日早生に偏ることになる。補正アミロース含有率を指標とした場合は出穂期の平均値は8月25日であり、全品種の出穂期と差はなかった。

3. 出穂期で補正した玄米のアミロース含有率を指標とした良食味品種の選抜効果

玄米アミロース含有率と精米アミロース含有率は、1994年がそれぞれ15.2～20.0%と16.6%～21.8%、1995年が14.1～18.2%と16.0～20.6%であり、玄米アミロース含有率は精米アミロース含有率より1～3%低かった。精米アミロース含有率と玄米アミロース含有率との相関係数は1994年が0.916、1995年が0.875と、ともに1%水準で有意であった。

出穂期と玄米アミロース含有率との相関係数は0.825で1%水準で有意であった。出穂期(X)に対する玄米アミロース含有率(Y)の回帰式は $Y=17.51X-126.63$ であった。玄米補正アミロース含有率と食味との相関係数は-0.513で1%水準で有意であった。このように、玄米補正アミロース含有率が低い品種は食味が優れる傾向であった。

玄米補正アミロース含有率による良食味品種の選抜効果をみるために、玄米補正アミロース含有率と翌年の食味との関係をみたところ、両者の相関係数は-0.539と1%水準で有意であった。このように、玄米補正アミロース含有率が低い品種は翌年の食味が優れる傾向が認められた。

考 察

1970年代にアミロース含有率と食味との関係が報告され(倉沢 1970)、以後水稻育種における食味の予備的な選抜の指標としてアミロース含有率は北海道などいくつかの場所で利用されてきた(稲津 1988, 佐々木ら 1988)。本研究の供試材料においても、アミロース含有率と食味との間に相関が認められ、アミロース含有率による選抜が有効であることを明らかにした。

水稻の胚乳中での澱粉合成酵素の種類はアミロースとアミロペクチンで異なっており(平野 1991)、その作用にも違いが認められる(Asaokaら 1985b, 平野 1992)。このため澱粉の生成効率や登熟期間中の温度の違いによってアミロースとアミロペクチンでは差が生じ、登熟期が高温なほど(茶村ら 1979)、特に登熟前半の気温が高温なほど(稲津 1988)アミロースの含有率が低くなるとされている。稲津(1988)は北海道の品種で、出穂後40日間の積算気温が100度高まると1.1%アミロース含有率が低下すると報告している。北部九州における本研究においても、北海道での場合と同様な結果が得られたことから、品種や

地域の違いにかかわらず登熟期の積算気温が100度高まると1%前後アミロース含有率が低下することが明らかとなった。

このように、早生品種ほどアミロース含有率が低くなるので、育種材料のように早生～晩生まで出穂期の幅が広い品種を対象にした場合にはアミロース含有率の値だけでは選抜の指標となりにくい。

そこで、供試品種をコシヒカリと日本晴の食味を基準として分類し、出穂期とアミロース含有率の関係を示したところ(第2図)、出穂期が同じ品種間の比較でもアミロース含有率が低い品種は食味が優れる傾向が認められた。よって出穂期に対するアミロース含有率の一次回帰式を計算し、得られた回帰からの偏差に全測定値の平均値を加えた値を補正アミロース含有率として出穂期を補正することを試みた。

本研究を実施した3ヶ年は観測史上記録的な低温寡照の1993年、高温多照の1994年、平年並の1995年と気象条件が大きく異なった。しかし、出穂期の影響を補正したアミロース含有率と食味との間には3ヶ年とも1%水準で有意な負の相関が認められ、補正アミロース含有率が低い品種は食味が優れる傾向であることが明らかになった。また、補正アミロース含有率と翌年の食味にも3ヶ年とも有意な負の相関が認められた。このことから、補正アミロース含有率を指標とすれば、早生に偏ることなく良食味品種を選抜することが可能であることが明らかになった。

さらに、アミロース含有率の分析には90～91%に搗精した精米を用いるが、多数の材料を搗精するには多くの時間を要する。そこで搗精作業を省いて選抜の効率化を図るため、玄米のアミロース含有率を調査したところ、値は精米より1～3%低く、この結果は中島(1990)の報告と一致した。玄米の補正アミロースの低い品種は食味が優れ、玄米の補正アミロース含有率が低い品種は翌年の食味が優れる傾向であった。したがって、玄米の補正アミロース含有率も精米と同様に良食味品種を選抜する際の指標として有効に利用できると考えられる。

以上のことから、出穂期や登熟期間の温度によって精米や玄米のアミロース含有率は影響を受けるが、気象条件の異なる3ヶ年に多数の品種を供試した結果、出穂期で補正したアミロース含有率は食味と相関があり、さらに補正アミロース含有率の低い系統は翌年の食味が優れる傾向にあり、良食味品種を選抜する際の有効な指標となった。したがって、補正アミロース含有率を用いれば早生に偏ることなく良食味品種の選抜が可能であることが明らかになった。

引用文献

- Asaoka, M, K. Okuno and H. Fuwa 1985a. Effect of environmental temperature at the milky stage on amylose content and fine structure of amylopectin of waxy and nonwaxy endosperm

- starches of rice (*Oryza sativa* L.). *Agric. Biol. Chem.* 49: 373—379.
- Asaoka, M, K. Okuno Y. Sugimoto and H. Fuwa 1985b. Developmental changes in the structure of endosperm starch of rice (*Oryza sativa* L.). *Agric. Biol. Chem.* 49: 1973—1978.
- 東聡志・小出道雄・佐々木行雄・星豊一 1991. 新潟県における水稻品種の品質・食味の向上 第3報 タンパク質含有率, アミロース含有率および炊飯光沢の品種間差. *北陸作物学会報* 26: 46—47.
- 茶村修吾・金子平一・斉藤祐幸 1979. 登熟期の気温と米の食味との関係—登熟期間を一定温度とした場合—. *日作紀* 48: 475—482.
- 竹生新治郎・渡辺正造・杉本貞三・酒井藤敏・谷口嘉廣 1983. 米の食味と理化学的性質の関連. *澱粉科学* 30: 333—341.
- 古野久美・浜地勇次・今林惣一郎・西山壽 1991. 北部九州における水稻雑種集団のアミロース含有率の選抜効果. *日作九支報* 58: 21—22.
- 平野博之 1991. デンプン合成に関与する遺伝子. *植物細胞工学* 3: 588—594.
- 平野博之 1992. イネ種子アミロース合成の遺伝的制御. *化学と生物* 30: 698—700.
- 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.
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16: 334—360.
- 倉沢文夫 1970. 米の味 II —コメの味と精白米の構成成分—. *遺伝* 23 (12): 42—47.
- 松江勇次 1992. 少数パネル, 多数試料による米飯の官能検査. *家政誌* 43: 1027—1032.
- 中島秀治 1990. フローインジェクション分析法による米および小麦粉中のアミロースの迅速定量. *農及園* 65: 1373—1379.
- 佐々木一雄・佐々木多喜雄・柳川忠男・沼尾吉則・相川宗巖 1988. 水稻新品種「上育 393 号」の育成について. *北海道立農試集報* 58: 1—11.
- 佐々木行雄・長峰司 1988. 新潟県における水稻品種の品質・食味の向上 第2報 育成品種のアミロース含量. *北陸作物学会報* 23: 29—30.

Selection for High Palatability Lines by Amylose Content Adjusted by Heading Date for Rice Breeding: Kumi F. OOSATO*, Yuji HAMACHI, Yoshiteru KAWAMURA and Souichirou IMABAYASHI (*Fukuoka Agr. Res. Cent., Chikushino, 818-8549, Japan*)

Abstract: Rice palatability correlates with amylose content, which correlates with heading date, showing that indirect selection through low amylose content for high palatability usually results in predominantly early heading genotypes. To overcome this problem, a regression equation of milled rice amylose content on heading date was calculated. The residual (observed amylose content value — estimated value from the regression) + average of all observed values were designated as adjusted amylose content value. Tests for three years revealed that adjusted amylose content significantly correlated with palatability (-0.535^{**} , -0.439^{**} and -0.589^{**}), showing that palatability and amylose content correlated even among genotypes with the same heading date. Correlations between adjusted amylose content and the following year's palatability were significant for three years (-0.470^{*} , -0.417^{**} and -0.479^{**}), showing that genotypes selected for low adjusted amylose content had relatively high palatability in the following year. These results show that adjusted amylose content could be used as a criterion for selecting highly palatable genotypes with a wide range of heading dates. Similar results were obtained for brown rice amylose.

Key words: Amylose content, Heading date, Palatability, Regression analysis, Rice.