

水稲 NERICA 品種の農業形質に関する遺伝的要因

富田 朝美・秋元 唯

(応用植物科学コース)

Genetic factors for yield related traits in lowland New Rice for Africa (NERICA)

Asami Tomita, and Yui Akimoto

(Course of Applied Plant Science)

Genetic factors of yield related traits in lowland New Rice for Africa variety (NERICA) using different nitrogen condition and QTL to increase rice yield in lowland NERICAs were clarified. Indica Group rice variety (*Oryza sativa* L.) IR64 increased panicle number, culm weight and panicle weight, according to nitrogen concentration. The tendency is especially remarkable under low nitrogen concentration. NERICA-L-19, which is derived from a cross between IR64 and TOG5681 (*Oryza glaberrima* S.), showed similar values for panicle weight and culm weight, and it showed higher plant height, panicle weight and culm weight and lower harvest index than those of IR64 under all the concentrations. QTL analysis for the agronomic traits were performed using hybrid population derived from a cross between IR64 and NERICA-L-19. A total of 22 QTLs were detected on chromosomes (chrs.) 1 (3 QTLs), 2 (2), 4 (2), 5 (5), 6 (1), 7 (1), 8 (6) and 10 (2). Among them, 4 regions at 34.1-36.6 Mbp of chr. 1, at 23.8-27.8 Mbp of chr. 5 and at 4.8 Mbp and 20.3-28.4 Mbp of chr. 8 showed several QTLs' peaks overlapped. The regions of chr. 5 and 4.8 Mbp of chr. 8 increased panicle weight by IR64 allele. Those of chr. 1 and 20.3-28.4 Mbp of chr. 8 increased plant height and harvest index, respectively, by NERICA-L-19 allele. These results indicated that the larger panicle type of lowland NERICA is suitable under low nitrogen condition. Also, the plant type was controlled by the combination of 4 QTLs' regions on chr. 1 and short arm of chr. 8 originated from *O. glaberrima*, and those of chr. 5 and long arm of chr. 8 from *O. sativa* Indica Group.

Key words : lowland New Rice for Africa (NERICA), nitrogen, agronomic traits, QTL, rice

緒 言

世界のイネ生産量は、1960年代の緑の革命以降、半矮性多収性品種の開発とその普及が進んだことが影響し、20世紀後半に飛躍的に増大した¹⁾。しかし、21世紀に入ると、生産量に対して消費量が上回る年もあり²⁾、生産量が頭打ちとなる傾向もみられるようになった。特にアフリカでのコメの消費は、1990年は一人当たり15 kgであったのに対し、2010年には25 kgに増加した³⁾。今後もコメ消費は増加すると予想されることから、栽培技術開発や育種を活用してアフリカでのイネ生産拡大が求められる。

アジアイネ (*Oryza sativa* L.) とアフリカイネ (*Oryza glaberrima* Steud) との種間交雑により育成されたネリカ (New Rice for Africa : NERICA) は⁴⁾、アジアイネの高収量性とアフリカイネのストレス耐性の両方を有する品種として、これまでに陸稲18品種、水稲60品種⁵⁾が育成されてきた。その中で、水稲 NERICA 品種 NERICA-L-19 は、サハラ以南のアフリカ地域で最も広く普及する水稲多収品種であるが、収量を制御する要因については十分

明らかになっていない。

本研究は、異なる窒素濃度条件下における NERICA-L-19 の農業形質の違いを比較するとともに、NERICA-L-19 の農業形質に作用する染色体領域を検出することで、水稲 NERICA 品種の収量を制御する遺伝的要因の解明を試みた。

材料と方法

1. 供試材料

供試材料として、インド型イネ品種 IR64、およびアフリカイネ (*Oryza glaberrima* S.) TOG5681 と IR64 との2回戻し交配により育成された種間交雑系統 NERICA-L-19⁵⁾を用い、異なる窒素濃度条件下での農業形質を調査した。また、IR64 と NERICA-L-19 の交雑により得られた計94の F₂ 個体、およびその両親系統を用い、農業形質に関する QTL 解析を行った。

Received October 11, 2023

Course of Applied Plant Science

2. 栽培方法および形質調査

2020年に岡山大学農学部附属山陽圏フィールド科学センター3号水田で水稻栽培を行った。5月4日に播種し慣行に従いビニールハウスのバット内で、湛水条件下で育苗した成苗を、6月15日に条間30 cm、株間30 cmで手植え移植した。基肥の窒素濃度を3種に分けた1N区、2N区および0N区の計3試験区を作成した。1N区では緩効性肥料LP複合140E-80(N, P, K:各14%, 全農)を各成分で10 a当たり8 kg, 2N区では16 kg施用した。0N区では、くみあいようりん(P:14%, 全農)を成分で10 a当たり8 kgと塩化カリ(K:60%, 全農)を成分で10 a当たり8 kg施用した。移植後、9月上旬まで常時湛水状態とし、雑草および病害虫防除は慣行に従った。

移植後から出穂期まで7日おきに、1N区における各イネ株の草丈および茎数を評価した。各系統6個体を調査し、その平均値を各品種の代表値として用いた。出穂期には、各イネ株の葉鞘から最初に穂が抽出した日を出穂日とし、調査した。成熟期にはイネ株を収穫し、収穫後風乾した各イネ株の草丈、穂数、穂重、茎葉重、収穫指数(穂重/個体重×100)、各個体の最上位部に着生する1穂の粒数、稔実歩合(稔実粒数/1穂粒数×100)の各形質を測定した。

3. 遺伝子型解析

遺伝子型解析には、F₂個体、IR64およびNERICA-L-19の成苗の葉身約1 cm²を採取し、ゲノムDNAを抽出した。それを鋳型としてPCRおよび電気泳動により多型分析を行い、IR64とNERICA-L-19の間および各F₂個体の遺伝子型を調査した。

採取したイネの葉身は、0.25 N NaOH 100 μlとともにチューブに加えて粉碎した。その後、100 mM Tris (pH 7.5) 400 μlを加えて攪拌した。10,000 rpmで10分間遠心した後、上清200 μlをゲノムDNAとした。

PCRは、滅菌水3 μl、プライマーペア0.5 μl(最終濃度:各0.1 μM)、2×Go Taq Green Master Mix (Promega, USA)または2×Quick Taq HS Dye Mix(東洋紡株式会社, 日本)5 μlおよび1/20希釈DNA 1.5 μlを含んだ10 μlの溶液で行った。プライマーは、染色体上に散在し、IR64とNERICA-L-19の間に多型が認められたDNAマーカーを用いた。溶液混合物は、95℃2分間処理の後、95℃20秒、55℃20秒、72℃30秒のサイクルを40回繰り返し、DNAを増幅した。PCR産物は、アガロース/トリスホウ酸EDTAバッファゲルを用いて、電気泳動により分画した。PCR産物はUltraPower DNA セーフダイ(ジェレックスインターナショナル株式会社, 日本)で染色し、DNA多型を検出した。

F₂個体の遺伝子型と農業形質に対し、Windows QTL Cartographer software (ver. 2.5.1, Statistical Genetics,

North Carolina State University, USA)⁶⁾を用いて単一マーカー解析を行い、閾値($P > 0.05$)を超えるDNAマーカーをQTLとした。全表現型分散に対する各QTLの寄与率(R^2)および相加効果(additive effect)についても算出した。

結 果

生育調査

NERICA-L-19とIR64の草丈は、両系統とも移植後日数(Days after transplanting: DAT)経過に伴って増加した(Fig. 1A)。調査期間を通してNERICA-L-19はIR64より高い値を示し、7DAT以外では有意差が認められた。茎数は、両系統とも7DATから35DATにかけて増加した(Fig. 1B)。28DATまでは、両系統とも同程度の値を示した。35DAT以降、IR64はNERICA-L-19より高い値を示した。NERICA-L-19は35DAT、IR64は49DATに最高茎数を示した。両品種とも64DATから

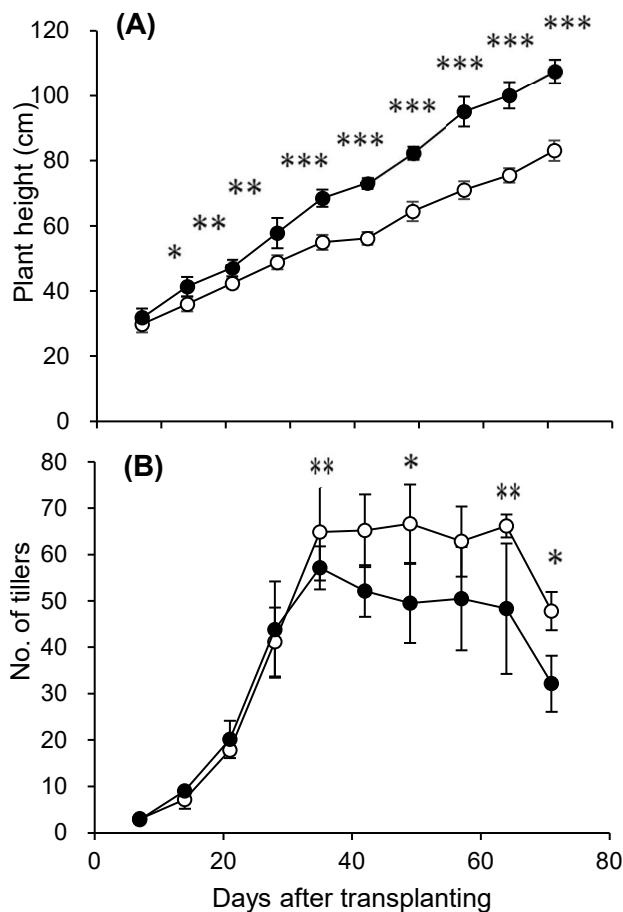


Fig. 1 Plant height (A) and the number of tillers (B) of IR64 and NERICA-L-19 during the growing stage after transplanting up to heading stage.

Dots and vertical lines represent the means \pm SD of 6 plants in IR64 (white) and NERICA-L-19 (black), respectively. *, **, and ***: significant at $P = 0.05$, 0.01 , and 0.001 , respectively, by Welch's t test.

70 DAT に大きく茎数を減少した。これらの結果から、NERICA-L-19 は、IR64 と比較して草丈が高く茎数が少ない穂重型の草型を有すると示唆された。

異なる窒素条件における農業形質の比較

1 N 区、2 N 区および 0 N 区のいずれの試験区においても、草丈、穂重、茎葉重、到穂日数、1 穂粒数について、NERICA-L-19 は IR64 より高い値、収穫指数は低い値を示した (Table 1)。中でも特に、全試験区の草丈、0 N 区の茎葉重と到穂日数には有意な系統間差があった。IR64 の穂重は窒素濃度の増加に伴って値の増加が認められた。IR64 の穂数および茎葉重は、1 N 区および 2 N 区は同程度であり 0 N 区より高い値であった。NERICA-L-19 は 0 N 区から 1 N 区にかけて穂数が減少したものの、2 N 区では高い値となった。NERICA-L-19 の穂重および茎葉重は、3 つの試験区間で同程度の値を示した。NERICA-L-19 の 1 穂粒数および稔実歩合は窒素濃度の上昇に伴って減少した。このように、IR64 は窒素濃度の増加に対して穂数、穂重および茎葉重が増加する傾向があり、特に低窒素濃度条件下で顕著な傾向が確認できた。NERICA-L-19 は、窒素濃度に対する穂重および茎葉重の反応性は低いものの、一貫して IR64 よりも穂重型の草型を有することを示した。

農業形質に作用する遺伝要因

F₂ 個体について、草丈、穂数および一穂粒数の平均値は NERICA-L-19 のものと同程度、茎葉重は IR64 と同程度の値を示した (Fig. 2)。到穂日数の平均値は両親のものより低く、収穫指数および稔実歩合は両親よりも高い値であった。穂重は両親の値の範囲内であった。また、全長は 97~199 cm、穂数は 14~38、穂重は 39.0~122.6 g、茎葉重は 35.0~109.2 g、収穫指数は 43.2~61.2%、到穂日数は 105~114 日、一穂粒数は 128~272、稔実歩合は 62~95.9% の範囲で幅広い連続的な変異が認められた。到穂日数については、2 つの分布のピークがあった。

各形質間の相関係数を比較した結果、穂重と草丈、穂数および茎葉重、茎葉重と草丈、穂数および稔実歩合、

草丈と稔実歩合の間で、有意な正の相関関係が認められた (Table 2)。収穫係数と草丈および茎葉重の間には、有意な負の相関関係があった。この中で特に、穂重と穂数、茎葉重と穂重には高い相関関係が認められた。この結果から、NERICA-L-19 において穂数、穂重および茎葉重は同じ遺伝的機構によって制御されると考えられた。

全 12 染色体上に散在する計 436 の DNA マーカーの内、計 140 マーカー (32.1%) について IR64 と NERICA-L-19 間の DNA 多型が検出された (Fig. 3)。この中から異なる領域をカバーする計 26 マーカーを用いて F₂ 個体の遺伝子型を調査した。

各形質表現型と遺伝子型との QTL 解析の結果、第 1 (3 QTL)、2 (2)、4 (2)、5 (5)、6 (1)、7 (1)、8 (6)、10 (2) 染色体上に計 22 の QTL を検出した (Table 3)。F 値は 4.4~18.5、R² は 0.014~0.194 の範囲で認められた。全ての形質の中で、稔実歩合以外の 7 つの形質では複数の QTL を検出した。さらにその中で茎葉重と収穫指数以外の 6 つの形質では、IR64 と NERICA-L-19 の両方のアレルが値を増大させる QTL が存在した。茎葉重については、IR64 のアレルが値を増大させる QTL、収穫指数と稔実歩合については NERICA-L-19 のアレルが値を増大させる QTL を検出した。以上のことから、IR64 と NERICA-L-19 の両方のアレルが NERICA-L-19 の穂重型を制御すると考えられた。

検出した領域の中で、第 1、第 5、第 8 染色体上には複数の QTL が認められた (Table 3)。第 1 染色体長腕には、到穂日数について RM7180 (34.1 Mbp) に、草丈について RM8278 (36.6 Mbp) に QTL のピークが検出され、到穂日数の QTL は IR64 のアレル、草丈は NERICA-L-19 のアレルが値を増大した。第 5 染色体長腕上には RM3170 (27.8 Mb) の位置に穂数、穂重および茎葉重の 3 つの QTL のピークが認められた。また、その近傍の RM3476 (23.8 Mbp) には 1 穂粒数に関する QTL のピークがあった。これらは全て IR64 のアレルが値を増大させる作用があった。第 8 染色体上には 2 つの位置に複数の QTL のピークが認められた。RM1111 (4.8 Mbp) には茎葉重および収穫

Table 1 Mean and SD of agronomic traits in two parental lines under different nitrogen conditions

Treatment	Line name	Plant height (cm)	Panicle number	Panicle weight (g)	Culm weight (g)	Harvest index (%)	Days to heading	Total spikelet number per panicle	Fertility rate (%)
0 N	IR64	94.3 ± 4.1 a	23.3 ± 2.7 a	52.2 ± 7.5 a	42.6 ± 7.2 a	55.1 ± 2.6 a	110.3 ± 3.9 a	152.2 ± 15.0 ab	80.3 ± 6.7 a
	NERICA-L-19	117.5 ± 5.9 b	26.5 ± 3.5 a	72.1 ± 20.2 a	80.6 ± 4.0 b	46.5 ± 6.2 a	115.5 ± 3.9 b	195.3 ± 46.0 b	80.2 ± 7.5 a
1 N	IR64	99.2 ± 3.7 a	30.7 ± 3.9 a	61.8 ± 7.7 a	62.8 ± 7.9 ab	49.6 ± 1.0 a	111.0 ± 0.0 ab	131.1 ± 15.4 a	72.4 ± 2.7 a
	NERICA-L-19	123.8 ± 6.5 b	22.7 ± 5.1 a	71.4 ± 24.1 a	81.6 ± 13.0 b	45.9 ± 5.2 a	113.2 ± 1.0 ab	180.0 ± 25.1 ab	73.2 ± 5.4 a
2 N	IR64	96.7 ± 2.3 a	30.5 ± 12.8 a	68.1 ± 24.4 a	61.7 ± 20.9 ab	52.3 ± 5.6 a	112.7 ± 2.0 ab	161.7 ± 16.7 ab	81.9 ± 9.0 a
	NERICA-L-19	117.5 ± 14.8 b	32.3 ± 3.9 a	75.2 ± 11.2 a	85.2 ± 27.6 b	48.2 ± 11.2 a	114.0 ± 2.4 ab	173.2 ± 35.9 ab	70.6 ± 11.7 a

Within the same column, the values denoted by the same letter are not significantly different from one another at $P = 0.05$ according to the Tukey-Kramer test.

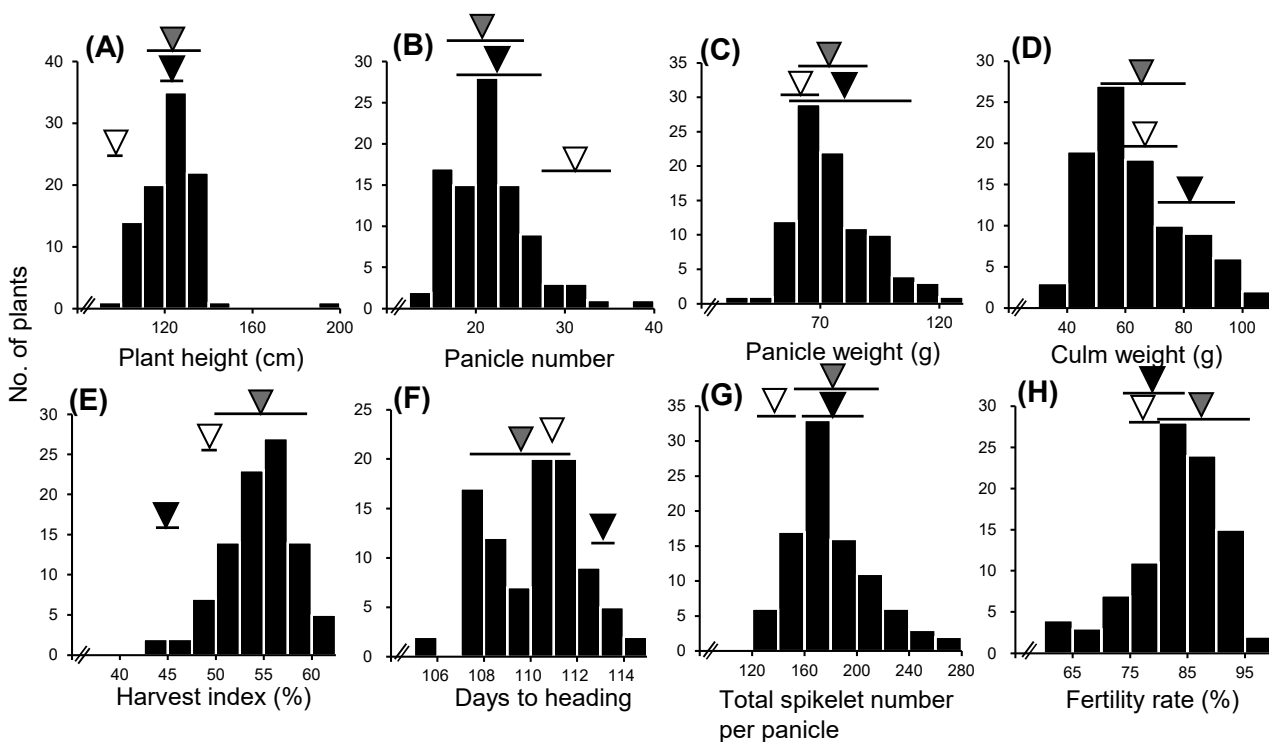


Fig.2 Segregation of agronomic traits in 94 F₂ plants derived from a cross between IR64 and NERICA-L-19. White, black and gray triangles with horizontal lines represent the means ± SD in IR64, NERICA-L-19 and F₂ plants, respectively.

Table 2 Correlation coefficient of agronomic traits in 94 F₂ plants

<i>r</i>	Panicle number	Panicle weight	Culm weight	Harvest Index	Days to heading	Total spikelet number per panicle	Fertility rate
Plant height	0.01	0.30 ***	0.42 ***	-0.27 ***	-0.06	0.19	0.23 ***
Panicle number	-	0.80 ***	0.61 ***	0.13	0.04	-0.04	-0.14
Panicle weight		-	0.79 ***	0.11	0.07	0.20	0.10
Culm weight			-	-0.51 ***	0.06	0.18	-0.11
Harvest Index				-	0.01	-0.01	0.33 ***
Days to heading					-	0.07	-0.16
Total spikelet number per panicle						-	-0.16

*** and ** : significant at $P = 0.05, 0.01$ and 0.001 , respectively.

指数の QTL のピークがあった。茎葉重の QTL は IR64 のアレル、収穫指数の QTL は NERICA-L-19 のアレルが値を増大した。また、収穫指数の QTL は検出した QTL の中で最も高い寄与率を示した。RM5808 (20.3 Mbp) に穂重および到穂日数の QTL のピークが認められた。どちらも IR64 のアレルが値を増大した。またその近傍の RM3395 (28.4 Mbp) に草丈および稔実率の QTL のピークがあり、草丈の QTL は IR64 のアレル、稔実率の QTL は NERICA-L-19 のアレルが値を増大した。以上の結果から、この 3 染色体上 4 か所の染色体領域は、NERICA-L-19 の穂重型を制御する主要な遺伝的要因であると考えられた。

考 察

生育調査の結果、NERICA-L-19 は IR64 に比べて草丈が高く茎数が少ない穂重型の草丈を有した (Fig. 1)。また、異なる窒素濃度条件下においても一貫して IR64 より草丈、穂重、茎葉重、1 穂粒数、到穂日数の値が高く、収穫指数は低かった (Table 1)。NERICA-L-19 は TOG5681 と IR64 との 2 回戻し交配により育成した種間交雑系統である⁵⁾。さらにこのことから、NERICA-L-19 はアフリカイネの挿入染色体断片に位置する遺伝的要因の影響で穂重型の草型を有することがわかった。NERICA-L-19

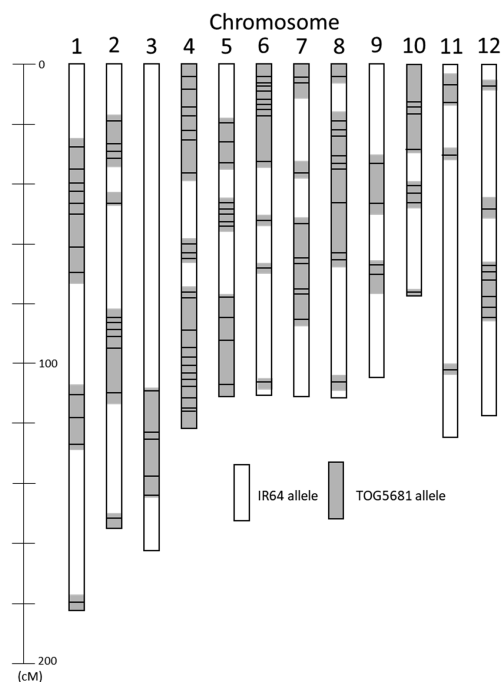


Fig. 3 Graphical genotype of NERICA-L-19. Horizontal bars on each chromosome indicate the positions of DNA polymorphism markers. White and gray bars indicate the alleles of IR64 and TOG5681, respectively.

はIR64の遺伝的背景にTOG5680 (*O. glaberrima* S.)の染色体断片を約32.1%有する (Fig. 3). Moukoubi et al. (2015)⁷⁾は導入染色体断片を12.2%としており、本研究はより詳細な解析ができたと考えられた。

異なる窒素濃度条件下における農業形質について比較を行った結果、IR64は窒素濃度の増加に対して穂数、穂重および茎葉重が増加する傾向があり、特に低窒素濃度条件下で顕著な傾向が確認できた (Table 1). 一方、NERICA-L-19は、窒素濃度に対する穂重および茎葉重の反応性は低く、特に低窒素濃度条件下でIR64よりも高い穂重および茎葉重を示した。これらのことから、NERICA-L-19はアフリカイネの染色体断片の効果により、低施肥量またはストレス土壌条件下においても穂重型の草型を有し、高いバイオマスや収量を確保できると考えられた。ただし、NERICA-L-19の1穂粒数や稈実率は窒素濃度の上昇に反して値が減少する傾向があった (Table 1). 今回は穂重に直接の影響は認められなかったものの、今後詳細な解析により影響の度合いを確認する必要がある。

QTL解析の結果、8つの農業形質について染色体上に計22のQTLを検出した (Table 3). 全形質の中で茎葉重と収穫指数以外のものでは、IR64とNERICA-L-19の両方のアリルが値を増大させるQTLが存在した。この

Table 3 QTLs detected by association analysis

Trait	Chr.	Position (Mbp)	Marker name	<i>F</i>	<i>R</i> ²	Additive effect	Positive allele
Plant height	1	36.6	<i>RM8278</i>	5.9	0.061	4.9	NERICA-L-19
	7	23.5	<i>RM5508</i>	4.5	0.045	3.8	IR64
	8	28.4	<i>RM3395</i>	5.0	0.051	4.4	IR64
	10	9.3	<i>RM1126</i>	5.3	0.094	5.5	IR64
Panicle number	2	35.4	<i>RM2265</i>	5.2	0.054	1.7	NERICA-L-19
	5	27.8	<i>RM3170</i>	8.4	0.074	1.8	IR64
Panicle weight	5	27.8	<i>RM3170</i>	5.5	0.047	5.4	IR64
	8	20.3	<i>RM5808</i>	5.6	0.047	5.6	IR64
	10	8.1	<i>RM5348</i>	4.5	0.050	5.5	NERICA-L-19
Culm weight	5	27.8	<i>RM3170</i>	4.8	0.044	4.9	IR64
	8	4.8	<i>RM1111</i>	8.0	0.080	7.4	IR64
Harvest Index	5	14.7	<i>RM6742</i>	5.7	0.062	1.5	NERICA-L-19
	8	4.8	<i>RM1111</i>	18.5	0.194	2.4	NERICA-L-19
Days to heading	1	5.1	<i>RM3604</i>	9.1	0.065	0.9	NERICA-L-19
	1	34.1	<i>RM7180</i>	6.5	0.040	0.8	IR64
	4	34.1	<i>RM5687</i>	5.1	0.075	0.8	IR64
	8	20.3	<i>RM5808</i>	4.4	0.014	0.6	IR64
Total spikelet number per panicle	2	5.5	<i>RM6378</i>	5.3	0.054	10.9	IR64
	4	27.6	<i>RM7187</i>	4.8	0.043	11.4	NERICA-L-19
	5	23.8	<i>RM3476</i>	5.6	0.059	10.5	IR64
	6	1.0	<i>RM7399</i>	5.7	0.063	8.6	NERICA-L-19
Fertility rate	8	28.4	<i>RM3395</i>	5.0	0.052	2.5	NERICA-L-19

A total of 94 F₂ plants were used to detect QTLs for 8 traits. Using genotype data of 26 DNA markers and values of these traits in F₂ plants, associations between them were detected by single marker analysis (Threshold: $P < 0.05$). Single marker analysis was performed using Windows QTL cartographer v.2.5 (Wang et al., 2011). Marker indicates the QTL-linked marker with the highest *F* score.

ことから、水稲 NERICA 品種はアジアイネとアフリカイネの両方に由来する複数の遺伝的要因により、穂重型を有することが示唆された。検出した QTL の中で、第 5 染色体長腕 23.8~27.8 Mb の位置に穂数、穂重、茎葉重および 1 穂粒数に関する QTL のピークが認められた。これらは全て IR64 のアレルが値を増大させる作用があった。この近傍の 34.3 Mb には、インド型品種から見いだされた穎および粒の大きさを正に調節する遺伝子 *GS5*⁸⁾ が位置する。*GS5* は他の細胞分裂関連遺伝子の発現を制御する。このことから、NERICA-L-19 では *GS5* の IR64 のアレルが粒を大きくさせて穂重を増加するとともに、細胞分裂を促進し、穂数、茎葉重および 1 穂粒数を増加させると考えられた。今後粒形調査や遺伝子発現解析を行い、同遺伝子の効果の有無を確認する必要がある。第 8 染色体の 20.3~28.4 Mbp には草丈、稔実率、穂重および到穂日数の QTL のピークが認められた。草丈、穂重および到穂日数の QTL は IR64 のアレル、稔実率の QTL は NERICA-L-19 のアレルが値を増大した。26.5 Mb の位置にはインド型品種由来の *GW8*⁹⁾ が存在しており、*GW8* は *GS5* と同様に、細胞分裂関連の遺伝子の発現を制御する。このことから、NERICA-L-19 では *GW8* の IR64 のアレルが細胞分裂を促し、草丈や穂重を増加させると考えられた。さらに、第 1 染色体長腕の 34.1~36.6 Mbp には、到穂日数と草丈の QTL のピークが検出され、到穂日数の QTL は IR64 のアレル、草丈は NERICA-L-19 のアレルが値を増大した。この近傍 38.3 Mbp には稈長に作用する遺伝子 *SD1*¹⁰⁾ が位置することから、NERICA-L-19 の長稈は *SD1* 座のアフリカイネ由来のアレルが主働に制御すると示唆された。第 8 染色体の 4.8 Mbp には茎葉重および収穫指数の QTL のピークがあった。茎葉重の QTL は IR64 のアレル、収穫指数の QTL は NERICA-L-19 のアレルが値を増大した。また、収穫指数の QTL は検出したものの中で最も寄与率が高く、この NERICA-L-19 由来の領域は穂重型に対して効果が高いことが示された。以上のことから、NERICA-L-19 の収量に関連する形質は、第 1 染色体と第 8 染色体短腕上のアフリカイネ由来のアレルと、第 5 染色体と第 8 染色体長腕のインド型品種のアレルの組み合わせにより増大すると考えられた。NERICA-L-19 と同じ IR64 の遺伝背景を有する染色体断片置換系統 YTH183 は、第 5 染色体の *GW5* と第 8 染色体の茎葉重、光合成同化産物の転流を制御する QTL の効果で高い収穫指数を示すことが明らかになっている¹¹⁾。本研究で検出した QTL は YTH183 から検出した QTL と同じ領域であると考えられ、この 2 か所の遺伝的要因はインド型品種の草型改良に大きな効果を及ぼすことが確認された。

本研究では、水稲 NERICA 品種の高収量に寄与する遺

伝的要因を明らかにするため、水稲 NERICA 品種 NERICA-L-19 について、生育調査・異なる窒素濃度条件下における農業形質の比較と、その農業形質に関する QTL の検出を試みた。その結果、水稲 NERICA は穂重型の草型を有し、低窒素・ストレス環境下でもインド型品種と同等の高収量を確保できること、その高収量は第 1 染色体と第 8 染色体に検出した QTL のアフリカイネ由来のアレルと第 5 染色体と第 8 染色体に検出した QTL のインド型品種のアレルの組み合わせにより制御されることが明らかとなった。このように、アフリカイネ由来の遺伝的要因はアジアイネのインド型品種の遺伝的改良に有用な遺伝資源であり、これらの集積により改良された育種素材は低施肥・ストレス環境でも適応すると期待される。本研究で得られた知見は、将来水稲 NERICA 品種を活用した栽培技術開発や育種に利用可能である。

引用文献

- 1) Khush, G.S. : Modern varieties - their real contribution to food supply and equity. *Geojournal*, **35**, 275-284 (1995)
- 2) Nguyen, N.V. and A. Ferrero. : Meeting the challenges of global rice production. *Paddy Water Environ.*, **4**, 1-9 (2006)
- 3) International Rice Research Institute : *Rice Today*, **12**, p.45 (2013)
- 4) Jones, M.P., M. Dingkuhn, G.K. Aluko and M. Semo : Interspecific *Oryza Sativa L. X O. Glaberrima Steud.* progenies in upland rice improvement. *Euphytica*, **92**, 237-246 (1997)
- 5) Somado, E.A., R.G. Guei and S.O. Keya : NERICA : the New Rice for Africa — a Compendium 2008 edition, p.17-25, WARDA, Nigeria, Senegal and Tanzania (2008)
- 6) Wang, S., C.J. Basten and Z.B. Zeng : Windows QTL Cartographer 2.5. Department of Statistics, North Carolina State University, Raleigh, NC (2011)
- 7) Moukoumbi, Y.D., O. Kolade, K.N. Drame, M. Sie, and M.N. Ndjiondjop : Genetic relationships between interspecific lines derived from *Oryza glaberrima* and *Oryza sativa* crosses using microsatellites and agro-morphological markers. *Spanish J. Agr. Res.*, **13**, e0701 (2015)
- 8) Li, Y., C. Fan, Y. Xing, Y. Jiang, L. Luo, L. Sun, D. Shao, C. Xu, X. Li, J. Xiao, Y. He and Q. Zhang : Natural variation in *GS5* plays an important role in regulating grain size and yield in rice. *Nat. Genet.*, **43**, 1266-1269 (2011)
- 9) Wang, S., K. Wu, Q. Yuan, X. Liu, Z. Liu, X. Lin, R. Zeng, H. Zhu, G. Dong, Q. Qian, G. Zhang and X. Fu : Control of grain size, shape and quality by *OsSPL16* in rice. *Nat. Genet.*, **44**, 950-954 (2012)
- 10) Sasaki, A., M. Ashikari, M. Ueguchi-Tanaka, H. Itoh, A. Nishimura, D. Swapan, K. Ishiyama, T. Saito, M. Kobayashi, G.S. Khush, H. Kitano and M. Matsuoka : A mutant gibberellin-synthesis gene in rice. *Nature*, **416**, 701-702 (2002)
- 11) Saito, H., Y. Fukuta, M. Obara, A. Tomita, T. Ishimaru, K. Sasaki, D. Fujita and N. Kobayashi : Two novel QTLs for the harvest index that contribute to high-yield production in rice (*Oryza sativa L.*). *Rice*, **14**, 18 (2021)