

四季成り性いちご MAGIC 集団における果皮色の GWAS 解析

1. 成果の要約

四季成り性いちご MAGIC (Multi-parent Advanced Generation Inter-Cross) 集団における果実表面の色差値、果皮アントシアニン分析値、DNA タイピングデータをもとに GWAS (Genome Wide Association Study) 解析を行った。その結果、第 2 染色体および第 6 染色体領域に選抜マーカー候補が検出された。

2. キーワード

いちご、MAGIC 集団、果実表面色、 $L^* \times b^*/a^*$ 、アントシアニン、GWAS 解析

3. 試験のねらい

新たな生産体系、商品性を確立するため、今までにない特性を有する次世代型いちご品種の育成に向け、DNA マーカーの活用による四季成り性いちごの果実形質を大幅に改良することを目的とした。そこで、果実形質のうち、果実表面色に関与する DNA マーカーを開発するため、果実表面の色差値および果皮アントシアニン分析値と DNA タイピングデータをもとに GWAS 解析を行い、果実表面色に関与する DNA 領域を検索する。

4. 試験方法

供試材料は、本県が育成した四季成り性いちご MAGIC 集団における IC₂ 集団 (四季成り性 197 個体) を用いた。各個体の果実表面色の色差値および果皮アントシアニン分析値は 3 か年 (2014 ~ 2016 年) 測定した。GWAS 解析は、色差値における $L^* \times b^*/a^*$ 値 (L^* : 明度、 a^* : 色の方向 (赤 ⇄ 緑)、 b^* : 色の方向 (黄 ⇄ 青))、アントシアニン成分であるペラルゴニジン 3-グルコシド (Pg3G) 濃度、665 SSR プライマー (2,047 マーカー) の DNA タイピングデータを用いて行った。また、検出されたマーカーの信頼性を確認するため、IC₃ 集団 (400 個体) においても GWAS 解析を行った。なお、各形質とマーカーの有無による有意差 (P) は、 $-\log (P)$ に変換して比較を行った。

5. 試験結果および考察

(1) 3か年の果実表面色の $L^* \times b^*/a^*$ 値および果皮 Pg3G 濃度を用いて GWAS 解析を行った結果、年次間差が認められたが、第 2、第 4、第 6 染色体において $-\log(P)$ 値が高いマーカーが検出される傾向にあった (図 1)。また、各項目において $-\log(P)$ 値が 2 か年で 2 以上を示すマーカーを検索した結果、23 マーカーが選抜され (表 1)、第 2 染色体で 6 マーカー、第 6 染色体で 4 マーカーと多い傾向にあった (表 1)。

(2) IC₃ 集団における $L^* \times b^*/a^*$ 値を用いて GWAS 解析を行った結果、IC₂ 集団および IC₃ 集団ともに $-\log(P)$ 値が 2 以上を示す FVES3528 202 (第 2 染色体) および FVES0447 246 (第 6 染色体) を選抜した (表 1)。

※なお、本研究は、かずさ DNA 研究所、福岡県農林業総合試験場、千葉県農林総合研究センターと共同で、農林水産省委託プロジェクト研究の支援を受けて行われた。

担当者 研究開発部 生物工学研究室 田崎公久、若柵睦子¹、鈴木恵美子²、森香織²、生井潔³
いちご研究所 鶴見理沙、飯村一成、小島夏実、大橋隆

¹ 現芳賀農業振興事務所、² 現経済流通課、³ 現農業大学校

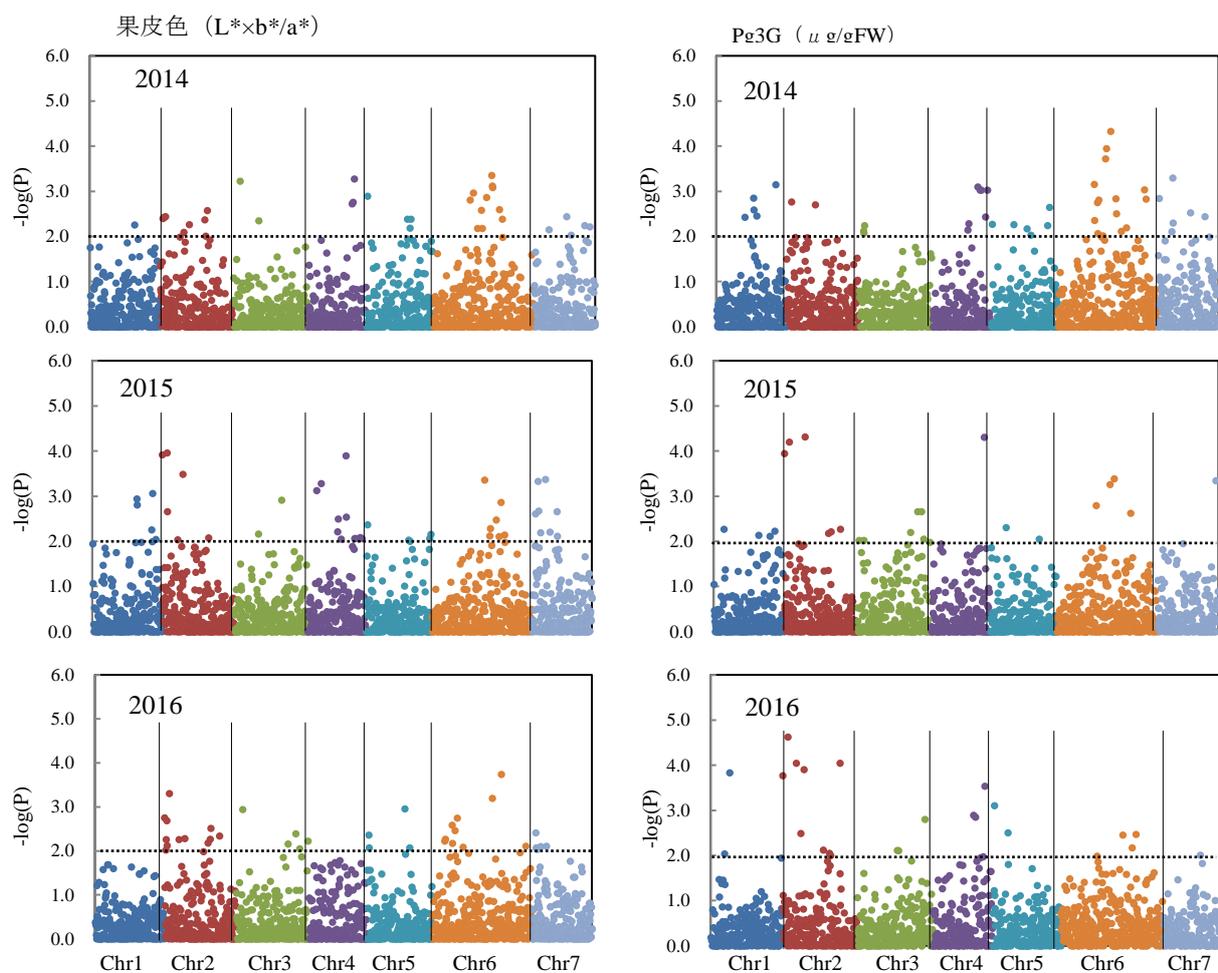


図-1 L*b*/a*および果皮 Pg3G 濃度の GWAS 解析におけるマンハッタンプロット

調査個体数および調査期間

2014 年度：195 個体（2014/12/9～2015/4/3）、2015 年度：193 個体（2015/10/6～2016/1/28）、2016 年：180 個体（2016/10/12～2017/1/30）

2014 年度は土耕栽培、2015～2016 年度は高設栽培で行った。

GWAS 解析は Tassel で行った（点線は $-\log(P)=2.0$ を示す）。

Chr1～Chr7 は、マーカーが座乗した *F.vesca* における染色体番号を示す。

表-1 GWAS 解析により選抜された果実表面色に関与するアリル候補

アリル	chr	Mb	IC ₂ 集団 (L*b*/a*)			IC ₂ 集団 (Pg3G濃度)			IC ₃ 集団 (L*b*/a*)
			2014	2015	2016	2014	2015	2016	2015
FVES1231_328	1	11.75	2.25	2.80	0.22	0.51	0.70	0.03	0.22
FVES3528_202	2	0.04	0.78	3.92	2.75	1.50	3.94	3.77	4.67
FVES1613_141	2	1.10	2.44	2.66	0.29	1.87	1.49	0.52	0.25
FVES1613_160	2	1.10	0.91	3.96	3.30	1.64	4.20	4.62	1.04
FVES0168b_162	2	12.19	0.65	3.48	2.28	1.25	4.31	3.90	0.26
FVES1079_225	2	23.27	2.37	1.80	2.18	1.37	2.18	1.66	0.53
FVES1631_230	2	23.89	2.57	2.08	2.51	1.50	2.21	2.00	0.48
FVES1090_154	3	29.26	0.50	1.62	1.87	0.81	2.05	2.80	0.51
FVES0540_195	4	31.77	1.80	2.09	1.72	2.43	4.30	1.48	0.51
FAES0014_141	5	0.38	0.63	2.37	2.07	0.93	1.63	3.10	0.12
FVES3693_139	5	12.36	2.38	2.00	1.46	1.01	1.41	0.71	0.07
FVES0658_176	6	23.21	2.86	3.36	1.26	4.33	3.26	0.89	0.75
FVES1242_176	6	25.12	3.35	2.42	1.31	2.83	1.53	0.60	1.12
FVES2533_297	6	25.34	3.08	2.28	1.24	2.50	1.52	0.48	1.09
FVES0447_246	6	31.15	1.17	2.86	3.74	1.15	1.56	2.17	2.00
FVES0392a_143	6	32.77	0.10	0.24	0.26	1.27	2.62	2.47	0.27
FVES0128_195	7	3.75	0.48	2.61	2.41	0.31	1.16	-	0.43
FVES0030_120	-	-	2.69	2.51	0.88	3.91	2.50	0.96	0.28
FVES0097_263	-	-	2.69	2.51	0.83	3.58	2.31	0.58	0.53
FVES0340_205	-	-	2.55	1.49	2.41	1.05	1.66	0.96	0.16
FVES0045_262	-	-	2.32	2.85	0.88	0.85	0.51	0.36	1.37
FVES2375_404	-	-	2.09	2.95	0.30	1.69	1.71	0.51	0.06
FVES0164_177	-	-	2.07	2.30	2.31	0.89	1.20	1.09	1.28
FVES0462_265	-	-	0.95	2.91	1.26	2.20	3.87	1.40	0.65
FVES0819_191	-	-	0.84	2.05	0.24	3.49	2.06	1.19	0.74

¹⁾ IC₂集団における調査個体数および調査期間は図-1と同じ。IC₃集団は369個体（2015/11/25～2016/3/7）。

²⁾ 数値は $-\log(P)$ を示す。

³⁾ 網掛けは $-\log(P)$ 値が2以上を示す。

⁴⁾ 太枠は IC₃集団における L*b*/a* 値 GWAS 解析で $-\log(P)$ 値が2以上であったアリルを示す。