

ハイブッシュブルーベリーとラビットアイブルーベリーの 種間雑種の高pH土壌適応性

宮下千枝子・石川 駿二¹

キーワード：ブルーベリー，種間雑種，土壌pH，育種

緒 言

ブルーベリーはツツジ科スノキ属シアノカス節に分類される北米原産の落葉性あるいは常緑性の低木果樹の総称であり，主要な栽培種にはハイブッシュブルーベリー (*Vaccinium corymbosum* L., 以下，ハイブッシュ) とラビットアイブルーベリー (*V. ashei* Read, 以下，ラビットアイ) がある。近年，ブルーベリー果実にアントシアニンなどの機能性成分が豊富に含まれることが注目され，国内での栽培・消費ともに急増している。

東京でのブルーベリーの導入は国内ではいち早く1960年代に始まり，他県に先駆けてラビットアイの経済栽培が開始された。都内で栽培されるブルーベリーの中心的な品種は現在もラビットアイであり，ハイブッシュについては果実が大きく良食味であることから導入を試みる生産者が増えつつあるものの，都内での成功事例はごく一部に限られる。ハイブッシュ栽培がラビットアイに比べて困難である主な原因は，pH 5以下の強酸性土壌を好むなど全般に土壌適応性が低く，耐乾性・耐暑性も劣ることであると考えられている。

ブルーベリーは酸性の強い土壌を好み，好適土壌pHはハイブッシュが4.3~4.8，ラビットアイが4.3~5.3とされる(石川・小池，2006)。土壌pHが好適範囲よりも高くなるとしばしば鉄欠乏によるクロロシスを呈し，枝葉と根の生育量が低下する(杉山ら，1989；片倉・廣田，2003)。土壌pHの高い園地をハイブッシュの適正範囲にまで矯正するには，硫黄華やピートモスなどの資材を大量に投入する必要がある。一方，ラビットアイは都内での栽培実績があり，ハイブッシュの好適範囲よりも高いpH土壌(以下，高pH土壌)への

適応性が認められることから，この適応性を交雑によりハイブッシュに付与できれば実用性の高い改良になると考えられる。

倍数性の異なるハイブッシュ(4倍体)とラビットアイ(6倍体)の交雑育種の可能性については，宮下ら(2004)が両種の多数の品種を用いて正逆交配試験を行い，種間交雑親和性が高いことを確認した。また，両種の種間雑種(5倍体)は低稔性であるが，Vorsa et al. (1987a, 1987b)は種間雑種にハイブッシュの戻し交雑を行うことで4倍性に近い異数体が得られ，稔性が向上することを明らかにした。これらのことから，種間雑種はラビットアイの形質をハイブッシュに導入する「橋渡し役」の育種素材として期待されるが，その諸特性についてはまだ明らかでない。

本研究では第一に，種間雑種個体が両親種に比べてどの程度の高pH土壌適応性を有するのかを明らかにするため，pHの異なる用土を使用したポット栽培により生育量を比較検討した。第二に，土壌pHの高い圃場で種間雑種個体を栽培し，高pH土壌適応性を有する個体の選抜を試みた。

材料および方法

1. 植物材料

ハイブッシュとラビットアイの種間雑種実生6系統および両親種の種内交雑実生9系統を供試した(表1)。2003年夏に交配種子を播種し，発芽実生をピートモス：鹿沼土=1：1(容積比)の用土を充填した54穴セルトレイに移植した。2004年夏に9cmポットに移植して栽培し，2年生実生苗を養成した。育苗は無加温のパイプハウス内で行い，肥料はI B化成(N:P₂O₅：

¹東京農工大学

表1 供試した実生系統

系統名	種 (倍数性)	交配組合せ
ラビットアイ系統		
R1	<i>V. ashei</i> (6x)	ホームベル×ティフブルー
R2		ウッダード自然交雑実生
R3		ウッダード×ティフブルー
ハイブッシュ系統		
H1	<i>V. corymbosum</i> (4x)	ハーバート×スパルタン
H2		ケープフィア自然交雑実生
H3		スパルタン自然交雑実生
H4		ハーバート自然交雑実生
H5		エリオット自然交雑実生
H6		G94自然交雑実生
種間雑種系統		
P1	<i>V. corymbosum</i> × <i>V. ashei</i> (5x)	エリオット×ティフブルー
P2		デキシシー×ブライトウェル
P3		バークレー×ティフブルー
P4		スパルタン×バルドウィン
P5		スパルタン×ホームベル
P6	<i>V. ashei</i> × <i>V. corymbosum</i> (5x)	ホームベル×スパルタン

K₂O=10 : 10 : 10) を1株あたり2粒 (約0.9g) 施用した。なお、育苗および以下に述べる栽培試験はすべて東京都立川市の農林総合研究センター内圃場にて行った。

2. ポット栽培による高pH土壌への適応性評価 (試験1)

実生苗は、種間雑種系統P1, P2, ラビットアイ系統R1, R2, ハイブッシュ系統H1, H2の計6系統を供試した。用土は黒ボク土に鹿沼土を容積比9 : 1で混合して用いた。用土pHはカキガラ石灰を投与して調整し、5.5, 6.5, 7.0の3処理区とした。2005年1月18日、各系統内で生育の揃った個体を選び、1処理区あたり12株を5号ポットに鉢上げした。栽培は露地で行い、灌水は用土が乾かないように1日1~2回の頻度で株元に充分に行った。基肥として緩効性肥料 (N : P₂O₅ : K₂O=6 : 40 : 6) を用い、1年目に3g, 2年目に10gを全区の各株に施した。鉢上げから1年後の2006年2月に、植物体地上部を地際から10cmの高さで刈り取る強剪定を行った。その後、春伸長の終了した2006年7月下旬に、鉢上げ2年目の生育状況として生存率、樹高、クロロシス発生程度、乾物重を1処理区10株ず

つ調査した。クロロシス発生程度は、全葉面積に対してクロロシスの割合が0%を0, 20%未満を1, 50%未満を2, 50%以上を3として4段階で評価した。乾物重は、植物体地上部を地際から10cmの高さで刈り取り、乾熱滅菌器を用いて80℃で3日間乾燥させた後に測定した。また、各処理区の用土pHを経時的に調査した。

3. 土耕栽培による高pH土壌への適応性評価 (試験2)

実生苗は、種間雑種5系統 (P1, P3~P6; 計122株), ラビットアイ2系統 (R2, R3; 計50株), ハイブッシュ5系統 (H2~H6; 計101株) を供試した。試験区は、灰色低地土圃場をカキガラ石灰でpH調整し、pH5.0と6.5の2処理区を設けた。2005年3月15日、pH6.5区にすべての実生苗を定植し、あわせて、対照品種としてラビットアイ「ティフブルー」の2年生挿木苗を両pH区に5株ずつ定植した。栽培は畝間1.2m, 株間0.75mの高畝栽培とし、圃場全体を防草シートで被覆した。基肥には緩効性肥料 (N : P₂O₅ : K₂O=6 : 40 : 6) を用い、1年目に3g, 2年目に42gを両区の各株に施した。灌水はpF2.5を灌水点として1株あたり6~9ℓを点滴チューブで与えた (玉田, 1997a)。

実生苗および挿木苗の枯死率を定植1年目と2年目に、樹高を2年目に調査した。また、両pH区の土壌pHを経時的に調査した。

結 果

1. ポット栽培による高pH土壌への適応性評価（試験1）

pH5.5, 6.5, 7.0区の用土pHを3ヵ月ごとに調査した結果、試験期間中の平均値は各々5.1, 6.8, 7.1であり、概ね試験開始時の値を維持した。

2年目の生存率はいずれの系統・pH区においても100%であった。2年目のpH5.5区における樹高は43~60cmであり、種間雑種系統P1, P2およびラビット

アイ系統R1で高く、ハイブッシュ系統H1, H2およびラビットアイ系統R2でやや低い傾向であった（図1）。各系統における樹高のpH区間差については、R1ではpH5.5および6.5区に対して7.0区で樹高が有意に低下したが、その他の系統では差がなかった。

一方、2年目の地上部乾物重については系統内で明確なpH区間差が認められ、多くの系統においてpH5.5区に対し6.5および7.0区で有意に低下した（図1）。ただし、R1ではpH6.5区で低下がみられず、5.5区と同等の生育を示した。また、H1についてはpH5.5区においても生育が不良であり、3区間で差がなかった。pH5.5区に対する高pH区（6.5および7.0区）の乾物重の低下率は、H1を除きいずれの系統も20~30%程度であり、種間雑種と両親種で大きな差はみられなかった。ただ

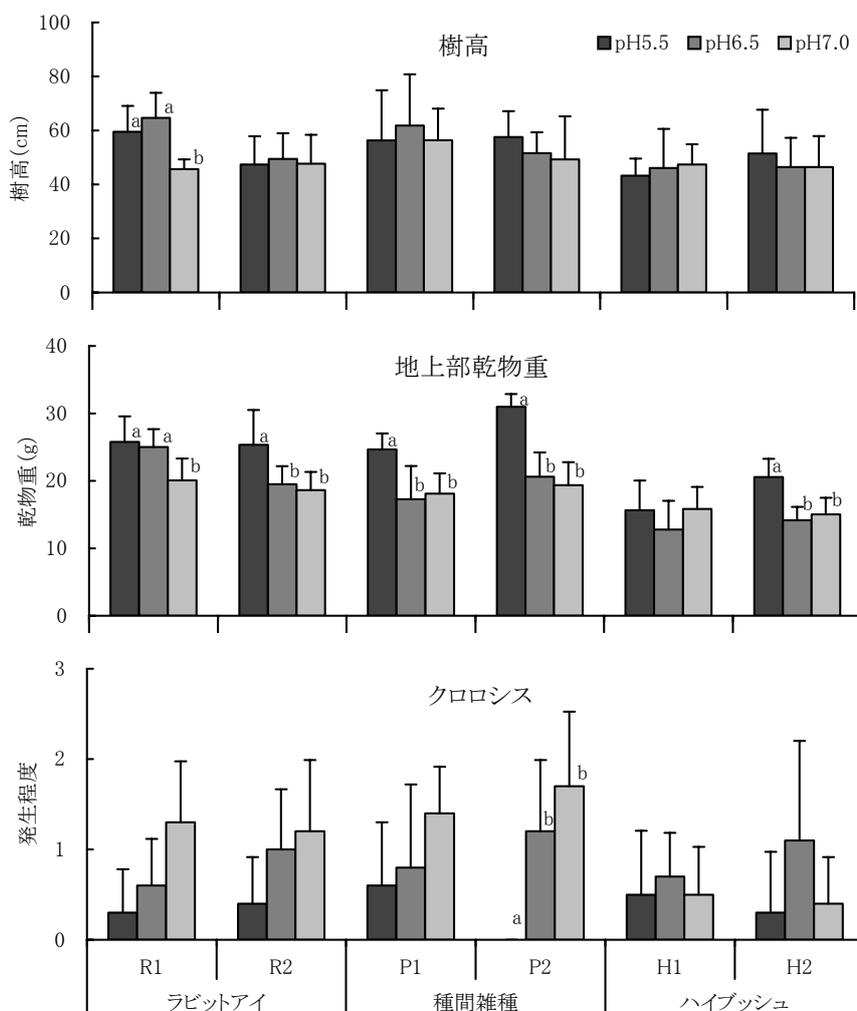


図1 用土pHの違いがブルーベリー種間雑種の生育に及ぼす影響（2年目）

縦棒は標準偏差を示す (n=10)。ボンフェローニ補正マンホイットニー検定の結果、系統内の異なる文字間には5%水準で有意差がある。

し、種間雑種とラビットアイの各系統はいずれのpH区においてもハイブッシュ系統より乾物重が多く、同じpH区における乾物重はハイブッシュの1.2～2倍に上った。

クロロシス発生程度は、ラビットアイ系統と種間雑種系統ではpH上昇につれて高まる傾向であったが、ハイブッシュ系統ではこのような一定の傾向がみられず発生程度は低かった(図1)。また、いずれの系統・pH区においても、クロロシス発生程度は個体間差が大きかった。高pH区の個体群についてクロロシス発生程度と乾物重の相関係数を求めたところ、いずれの系統も0.002～0.364の値となり、両者に相関は認められなかった。

2. 土耕栽培による高pH土壌への適応性評価(試験2)

pH5.0区と6.5区の土壌pHを3ヵ月ごとに調査した

結果、試験期間中の平均値は各々5.3, 6.6であり、概ね試験開始時の値を維持した。

pH6.5区では多くの個体にクロロシス葉や枝枯れ、樹体のわい小化などの生育障害が見られ、2年目の夏季には枯死する個体が多数発生した。pH6.5区の実生系統の2年目における枯死率は、ハイブッシュが70%、ラビットアイが64%であったのに対し、種間雑種は26%と顕著に低かった(表2)。一方、対照品種のラビットアイ「ティフブルー」の枯死率は、pH6.5区では60%とラビットアイの実生系統と同様に高かったが、5.0区では0%であり、いずれの個体も旺盛な生育を示した。

生存個体について2年目の平均樹高を調査したところ、pH5.0区の「ティフブルー」は143cmであったのに対して、6.5区の実生系統および「ティフブルー」はいずれも低い値となった(表3)。pH6.5区では種間雑種

表2 高pH土壌におけるブルーベリー種間雑種の枯死率

区	品種・系統名	定植株数	枯死率 (%) ^a		
			1年目	2年目	
pH5.0	ティフブルー ^b	5	0	0	
	ティフブルー ^b	5	20	60	
	ラビットアイ系統 ^c	R2	30	13	63
		R3	20	20	65
		合計	50	16	64
pH6.5	種間雑種系統 ^c	P1	41	15	27
		P3	30	10	17
		P4	28	7	46
		P5	10	0	10
		P6	13	0	15
		合計	122	9	26
	ハイブッシュ系統 ^c	H2	25	40	72
		H3	44	7	66
		H4	11	18	82
		H5	11	27	91
		H6	10	20	50
合計	101	20	70		

a) 1年目は2005年12月に、2年目は2006年12月に調査した。

b) 挿木苗。

c) 実生苗。

表3 高土壌pH圃場におけるブルーベリー種間雑種の樹高（2年目）

区	品種・系統名	調査株数	樹高 (cm) ^z		
pH5.0	ティフブルー ^y	5	143 ± 17		
	ティフブルー ^y	2	61 ± 1		
	ラビットアイ系統 ^x	R2	11	74 ± 16	
		R3	7	103 ± 31	
		合計	18	85 ± 26 ab	
	pH6.5	種間雑種系統 ^x	P1	30	90 ± 29
			P3	25	103 ± 34
			P4	15	79 ± 29
			P5	9	93 ± 33
			P6	11	121 ± 25
合計			90	97 ± 33 a	
ハイブッシュ系統 ^x		H2	7	73 ± 31	
		H3	15	68 ± 15	
		H4	2	49 ± 11	
		H5	1	48	
	H6	5	87 ± 21		
	合計	30	70 ± 22 b		

z) 2006年11月に調査した。数値は平均値±標準偏差。ボンフェローニ補正マンホイットニー検定の結果、異なる文字間には1%水準で有意差がある。

y) 挿木苗。

x) 実生苗。

系統P6の樹高が121cmと最も高く、次いで、P3およびラビットアイ系統R3が103cmと高かった。一方、最も低い値はハイブッシュ系統H5の48cmであり、次いでH4の49cmであった。ラビットアイ、種間雑種、ハイブッシュの各々について全個体の平均樹高を比較すると、ハイブッシュが70cmと顕著に低く、ラビットアイが85cmであったのに対し、種間雑種は97cmでハイブッシュよりも有意に高かった。

実生系統はいずれも系統内での生育の個体間差が大きく、pH5.0区の「ティフブルー」の平均樹高143cmを上回る生育旺盛な個体が低頻度ながら複数の系統から見出された。種間雑種系統からはP1の1株、P3の2株、P5の1株、P6の3株の計7株が得られ、種間雑種の供試株中の6%に相当した。最も樹高の優れた個体はP3（パークレー×ティフブルー）の1株で194cmに上り、次いでP6（ホームベル×スパルタン）の1株が155cmであった（図2）。一方、ラビットアイ系統からはpH5.0区の「ティフブルー」を上回る個体は1株のみ得られ、供試株中の2%と種間雑種よりも低率だった。また、ハイブッシュ系統からは全く得られなかった。

考 察

ブルーベリーの好適土壌pHはハイブッシュが4.3～4.8、ラビットアイが4.3～5.3とされている。本研究では、種間雑種の高pH土壌適応性の程度を明らかにするために、ラビットアイの好適pHの上限に近い5.0～5.5を基準として、6.5～7.0という高pH条件下で栽培評価を行った。

まずpH5.5、6.5、7.0の用土を用いたポット栽培を行ったところ、種間雑種P1、P2および両親種のR2、H2については6.5以上の高pH区で生育が抑制され、地上部乾物重の低下率も20～30%と同程度であった。また、ハイブッシュのH1は、最もpHの低い5.5区においても生育不良を呈した。これに対し、ラビットアイのR1はpH6.5区においても旺盛な生育を維持した。これらのことから、ラビットアイではブルーベリーの好適pHを大きく超えるpH6.5の土壌でも顕著な適応性を有する個体を選抜できることが示唆された。

ラビットアイは一般にハイブッシュよりも樹勢が強く大型になるが（玉田, 1997b）、ポット栽培のいずれのpH区においてもこの傾向はみられ、ラビットアイの

乾物重は常にハイブッシュより重かった。そして、種間雑種の乾物重もラビットアイと同程度に重く、ハイブッシュを常に上回っていた。また、高pH土壌の土耕栽培において、種間雑種は生存率、樹高ともにハイブッシュより優れていた。これらのことから、種間雑種は5.5~7.0のpH条件においてラビットアイと同程度の樹勢の強さを有し、ハイブッシュよりも生育量が優れることが明らかとなった。

高pHの土耕栽培において、種間雑種からは好適pHである5.0区で生育した「ティフブルー」よりも樹高の高い個体が7株得られた。これら高樹高の個体は片親のラビットアイに由来する樹勢の強さと高pH土壌への適応性を有すると考えられ、ハイブッシュの高pH土壌適応性を向上させるための新しい育種素材として期待できる。また、土耕栽培において種間雑種はラビットアイより生存率が高い傾向であり、高樹高の個体の獲得率もラビットアイの3倍と高かった。種間雑種は高pH条件下での生育に関してラビットアイを超える能力を持っている可能性がある。ただし、本研究での適応性評価は2ヵ年と短期間であるため、ブルーベリーが永年性作物であることを考慮し、さらに長期に高pH条件で栽培した場合に生育に及ぼす影響を継続して調査する必要がある。

ポット栽培と土耕栽培では、同程度の高pH条件であったにもかかわらず枯死率や生育低下の度合いに大きな違いがみられた。すなわち、ポット栽培では枯死株が全くなかったのに対し、土耕栽培ではすべての系統で枯死株が多発生した。また、ポット栽培では処理区内の生育量の個体間差が小さく、樹高・乾物重ともにばらつきが小さかったのに対し、土耕栽培では系統内で生育程度の違いが顕著であり、生育量の違いが樹高に明確に現れていた。葉のクロロシスについては、高pH土壌でブルーベリーが発症する典型的な生理障害であり、ポット栽培においても高pH区のラビットアイと種間雑種に高率で発生した。しかし、ポット栽培ではクロロシス発生程度と乾物重との間に相関がみられず、クロロシスは生育量の低下に直結していなかった。一方、土耕栽培ではクロロシス症状の発生、拡大とともに生育不良が進行し、衰弱して枯死に至る個体が多く見られた。ポット栽培と土耕栽培のこのような反応性の違いの原因として、栽培形態の違いという以外に2つのことが考えられる。1つは土壌の種類の違いで

ある。ポット栽培に用いた黒ボク土は、保水性や通気性に優れるためブルーベリーには好適な土壌である(石川・小池, 2006)。ポット栽培では黒ボク土により高pHストレスが軽減され、健全な生育が維持・促進されたと推測される。もう1つは土壌の乾燥程度の違いである。ポット栽培では頻りに灌水を行っていたため土壌が乾燥することがほとんどなかったのに対し、土耕栽培ではpF2.5を灌水点としたため湿潤と乾燥を繰り返す土壌条件となり、特に夏季には乾燥することが多かった。土耕栽培での枯死が夏季に集中していたことから、土耕栽培における顕著な生育不良は土壌の高pHと乾燥による複合的なストレスが影響したと推測される。

一般に、ブルーベリーの安定生産を行うためには土壌pHを好適範囲に保つことが不可欠と考えられているが、高pH土壌が樹体に及ぼす悪影響の程度とそのメカニズムについては未解明な部分が多い。また、ハイブッシュとラビットアイの高pH土壌適応性の差の要因についてもまだ不明な部分が多い。ポット栽培の結果から、高pHはブルーベリーの生理障害を誘導し、生育を抑制するものの、枯死に至るほどの著しい衰弱を引き起こすわけではないことが示された。高pHは、乾燥や土壌の性質などの2次的要因と複合的に作用した場合に樹体に深刻なダメージを与えると推測されるが、詳細については今後の生理学的研究の進展を待たねばならない。本研究で見出された種間雑種の個体群は、ハイブッシュとラビットアイの2種のゲノムを保有し、ラビットアイと同程度の樹勢の強さと高pH土壌への適応性を有する、従来にない特徴的な素材である。これらは高pH土壌におけるブルーベリーの生育阻害と適応の機構を解明するための研究素材としても利用できると思われる。

摘 要

ブルーベリーは酸性の強い土壌を好むが、ラビットアイブルーベリーはハイブッシュブルーベリーよりも高pH土壌への適応性が高いとされる。そこで、両種の種間雑種についてポットおよび土耕栽培により高pH土壌適応性の程度を評価した。

pH5.5~7.0の用土でポット栽培を行い、2年目に植物体地上部の乾物重を調査した結果、pH6.5~7.0の高

pH条件は種間雑種および両親種の生育を抑制し、乾物重を同程度に低下させた。ただし、ラビットアイについてはpH6.5の高pH条件においてハイブッシュよりも顕著な適応性を有する個体を選抜できることが示唆された。また、いずれのpH区においてもラビットアイと種間雑種の乾物重は常にハイブッシュを1.2～2倍も上回っていた。

pH5.0と6.5の土壌で土耕栽培を行った結果、6.5区の多くの個体が2年目までに生育不良を起こして枯死したが、種間雑種は両親種より生存率が高い傾向であった。また、pH6.5区における2年目の種間雑種の平均樹高はハイブッシュより有意に高かった。pH5.0区のラビットアイ品種「ティフブルー」は旺盛な生育を示したが、その平均樹高を超える種間雑種個体がpH6.5区から7株得られ、獲得率は6%であった。

以上のことから、種間雑種はpH5.5～7.0の高pH条件下でラビットアイと同程度の樹勢の強さと適応性を有し、ハイブッシュよりも生育が優れることが明らかとなった。高pH圃場で選抜された種間雑種個体は、ハイブッシュに高pH土壌適応性を付与する新しい育種素材として期待できる。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、倍数性の検定でご指導、ご協力を頂いた千葉大学教授 三位正洋博士、試験設計でご助言頂いた東京都農業振興事務所 窪田洋二氏、栽培管理面でご協力を頂いた当所の職員各位に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 石川駿二・小池洋男 (2006) ブルーベリーの作業便利帳. 農文協, 東京. pp.26-30.
- 板倉芳雄・廣田知子 (2003) ラビットアイブルーベリーの生育およびN, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Alの吸収に及ぼす土壌pHの影響. 恵泉女学園園芸短期大学研究紀要34: 1-6.
- 宮下千枝子・石川駿二・三位正洋 (2004) ブルーベリーの種間雑種および倍数体の作出. 育種学研究6 (別2): 204.
- 杉山信男・田中 勲・高溝 正 (1989) ブルーベリーのクロロシス発生に及ぼす培養液のpH並びに窒素形態の影響. 園学雑. 58(1): 63-67.
- 玉田孝人 (1997a) ブルーベリー生産の基礎 [14] 8. 土壌管理, 雑草防除および灌水. 農業および園芸72(8): 86-89.
- 玉田孝人 (1997b) ブルーベリー生産の基礎 [7] 4. 種類, 品種とその特性. 農業および園芸72(1): 62-67.
- Vorsa, N., G. Jelenkovic, A.D. Draper, and W.V. Welker (1987a) Fertility of 4x X 5x and 5x X 4x progenies derived from *Vaccinium ashei/corymbosum* pentaploid hybrids. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(6):993-997.
- Vorsa, N., G. Jelenkovic, A.D. Draper, and G.J. Galletta (1987b) Crossability of BC1 aneuploid and tetraploid progeny derived from *Vaccinium ashei/corymbosum* pentaploid hybrids. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(6):998-1004.

Summary

Chieko Miyashita and Shunji Ishikawa (2007): Higher soil pH adaptability of interspecific hybrids between highbush blueberry and rabbiteye blueberry.

Key words : Blueberry, interspecific hybrid, soil pH, breeding

Blueberries (*Vaccinium* spp.) require highly acidic soil (pH below 5.3) for best growth. The purpose of study is evaluation of higher soil pH adaptability of interspecific hybrids between highbush blueberry (*V. corymbosum* L.) and rabbiteye blueberry (*V. ashei* Read). Seedlings of hybrids and parental species were grown in pot or soil culture with different pH from 5.0 to 7.0 for 2 years. The results showed that hybrids had high vigor and higher soil pH adaptability like rabbiteye blueberries and the average dry weight and height of hybrids at high pH were significantly higher than those of highbush blueberries. We suppose that the hybrid seedlings screened at high pH are useful for breeding to improve highbush blueberry adaptability to higher soil pH.



図2 高土壌pH圃場において生育旺盛な種間雑種個体（2年目）

- A ラビットアイ品種「ティフブルー」（pH5.0区）
- B 同上（pH6.5区）
- C 種間雑種パークレー×ティフブルー（pH6.5区）
- D 種間雑種ホームベル×スパルタン（pH6.5区）

