

# 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

片倉芳雄・廣田知子

## Effects of Soil pH on the Growth and N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn and Al Uptake in Rabbiteye Blueberry

Yoshio KATAKURA and Tomoko HIROTA

### Summary

Effects of soil (Akadama-tsuchi) pH 3.6, 4.3, 5.3, 6.0 and 6.6 on the growth and N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn and Al uptake in 'Homebell' rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) were studied. Leaf, twig and root weights increased most at pH 4.3. The plants developed marginal leaf scorch at pH 3.6 and leaf chlorosis at pH 6.0 and 6.6. Leaf N and P content increased at pH 3.6 and 4.3. Twig N, P and root P content increased at pH 3.6. Leaf K content increased gradually with lowering soil pH. Leaf and root Ca content increased with increasing soil pH. Leaf Mg content increased at pH 5.3 and 6.0. Large amounts of Fe and Al were accumulated into roots. Root Fe content increased only at pH 3.6, while root Al content increased gradually with lowering soil pH, resulting in an increase of leaf Al content at pH 3.6. Leaf and twig Mn content increased most at pH 4.3 and root Mn content decreased at pH 6.0 and 6.6. High acidic soil did not increase the translocation of Al and Fe from roots to tops. This phenomenon may be an acidphile or tolerance mechanism of blueberry plants for high acidic soil.

### 緒言

ブルーベリーは北米原産、ツツジ科 (*Ericaceae*) スノキ属 (*Vaccinium*) に分類される樹高1~3mほどの落葉果樹である。果実は甘酸っぱく、生食あるいはジャム、ジュースなどの加工品として利用されている。近年、果実に豊富に含まれるアントシアニンや食物繊維などの成分が生活習慣病の予防に効果があるといわれ、機能性食品としても注目されている (伊藤, 2001)。我が国では栽培種のブルーベリーとして、ハイブッシュブルーベリー (ハイブッシュ) とラビットアイブルーベリー (ラビットアイ) が主要なものである。いずれも好酸性植物であり、好適土壌pHはハイブッシュが4.3~4.8, ラビットアイは4.3~5.5とされている (Eck, 1988; 片倉・横溝, 1995b; 玉田, 1997)。好適pHが低いことから栽培上の問題点も多く、好適土壌pHよりも高くなると葉にクロロシスの発生や生育障害を生じ、生産量は著しく低下することが知られている (杉山

ら, 1989; 片倉, 1997)。ブルーベリーの導入にあたり園地土壌のpHを適正に維持管理することは、良好な生育を得るために必要不可欠である (玉田・池ヶ谷, 2001)。ブルーベリー栽培では、土壌pHは生育を左右する重要な要因の一つである。またブルーベリーでは、施肥が原因で生じる生育障害も発生しやすく、特に窒素肥料として硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) を施肥するとアンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) に比べて著しく生育が劣ることも知られている (Sugiyama・Hanawa, 1992; 片倉・横溝, 1995a)。この好アンモニア性にも土壌中有機態窒素の無機化によって生じる両形態窒素量との関連から土壌pHが関わっていると考えられる。

一般に、ブルーベリーの鉢栽培においては、ピートモス単独や鹿沼土あるいは赤玉土にピートモスを混合して使われることが多い。しかし、このような用土でのブルーベリーの栄養生理についてはよく分かっていない。そこで本研究では、広く園芸用土と

して使われている赤玉土を主体に使用し、土壌 pH がラビットアイの生育および N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al の樹体各部位への吸収に及ぼす影響について検討するとともに、ラビットアイの好酸性の機構解明の手掛かりを得ようとしたものである。

## 材料および方法

### 1. 栽培

供試樹として、ラビットアイの品種：ホームベル（挿し木発根苗）を用いた。土壌は赤玉土にピートモスを 3:2（体積比）に混合して用いた。土壌 pH を 3.6, 4.3, 5.3, 6.0, 6.6 の 5 処理区とし、処理開始前にあらかじめ 0.5M 硫酸 ( $H_2SO_4$ ) あるいは 0.5M 水酸化カルシウム ( $Ca(OH)_2$ ) を用いて調整を行った。各区 12cm ポットに苗木を 1 本ずつ植え 3 連で、2001 年 5 月 6 日から 10 月 22 日まで本学園屋外（伊勢原市三ノ宮）で土壌 pH 処理実験を行った。

処理期間中は約 2 週間に 1 回 pH( $H_2O$ ) の測定をガラス電極 pH メータで行い、0.1M  $H_2SO_4$  あるいは 0.1M  $Ca(OH)_2$  を使用して所定の pH に調整した。施肥は 5 月 11, 22 日, 6 月 19 日, 7 月 3 日, 8 月 11 日, 9 月 11 日に液肥で施用した。液肥の組成は  $NH_4-N$  ( $(NH_4)_2SO_4$ )  $5.6mg \cdot liter^{-1}$ ,  $P$  ( $KH_2PO_4$ )  $3.8mg \cdot liter^{-1}$ ,  $K$  ( $KH_2PO_4$ )  $4.8mg \cdot liter^{-1}$  の濃度とし、これを各ポットに 200ml ずつ与えた。灌水は水道水で行った。

### 2. 生育調査と成分分析

#### 1) 生育調査

生育調査のため、処理開始時には根を水道水で洗浄して生体重を測定し、処理終了時には樹体を水道水で洗浄して葉、枝、根に分け、生体重の測定を行った。その後、葉、枝、根をさらに純水で洗浄して、80℃で一昼夜乾燥後、粉碎して成分分析用の試料とした。

#### 2) 成分分析

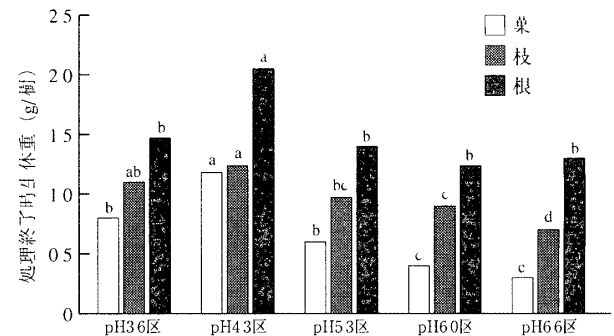
ケルダールフラスコに粉碎試料 0.3g を精秤し、少量の純水で湿らせた後、 $H_2SO_4$  を 4ml 入れて混合した。これに 30%  $H_2O_2$  を 2ml ずつ 2 回に分けて添加し、激しい反応がおさまってから分解ヒーターにかけて、液が無色になるまで 30%  $H_2O_2$  を 2ml 加えながら加熱分解を続けた。定容とした分解液を N はケルダール法、P は硫酸モリブデン法で分析した。K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al は、上記の分解液を純水で希釈して、原子吸光法で分析した。

## 実験結果

### 1. 生育

処理終了時の樹体各部位の生体重を第 1 図に示し

た。葉、枝では pH4.3 区で最も大きく、これより低 pH 側あるいは高 pH 側で減少する傾向がみられた。根でもこれとほぼ同様の傾向がみられた。pH4.3 区に対して pH が低下あるいは上昇したときの生体重の減少量は、枝や根に比べて葉で大きかった。pH3.6 区では葉縁部に葉焼けがみられ、pH6.0 区と pH6.6 区では葉に軽いクロロシスがみられた。



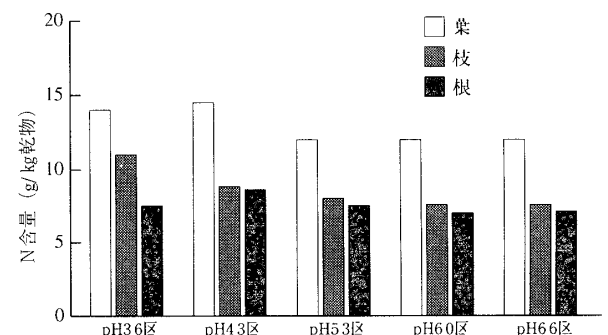
第 1 図 土壌 pH がラビットアイの生育（生体重）に及ぼす影響  
異なる文字はダンカンの多重比較検定（5%レベル）で有意差のあることを示す

ラビットアイの好適 pH は、この土壌で 4.3 付近にあると考えられる。pH が 3.6 では、好酸性のラビットアイでも酸性障害を生じたと考えられる。

### 2. 養分吸収

#### 1) N 含量

処理終了時の樹体各部位の N 含量を第 2 図に示した。葉では pH4.3 区と pH3.6 区で高かった。枝では pH3.6 区で高かったが、根では土壌 pH の影響はあまり大きくなかった。



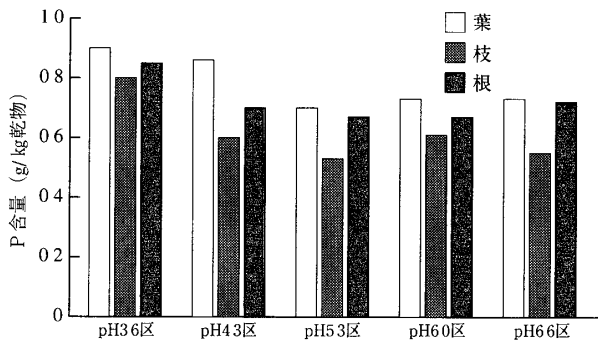
第 2 図 土壌 pH がラビットアイの N 吸収に及ぼす影響  
試料採取日：2001 年 10 月 22 日

葉や枝への N 吸収は、pH4.3 区以下の低 pH 側で促進されたと考えられるが、pH5.3 区から pH6.6 区では土壌 pH との関連は認められなかった。

#### 2) P 含量

処理終了時の樹体各部位の P 含量を第 3 図に示し

た。葉ではpH3.6区とpH4.3区で他の区よりも高かった。枝と根ではpH3.6区で他の区よりも高かった。

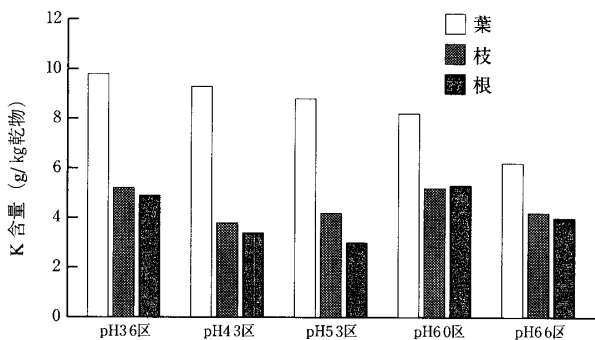


第3図 土壤 pH がラビットアイの P 吸収に及ぼす影響  
試料採取日：2001年10月22日

土壤 pH が 4.3 以下で P 吸収が高まることは、pH 低下に伴って不溶態の P が可給態となって遊離してくることを示唆している。

### 3) K 含量

処理終了時の樹体各部位の K 含量を第4図に示した。枝や根に比べて葉で高く、葉では低 pH 側で高く、pH 上昇に伴って徐々に減少し、特に pH6.0 区から pH6.6 区にかけての減少が大きかった。枝では pH4.3 区で、根では pH4.3 区と pH5.3 区でやや低い傾向がみられた。

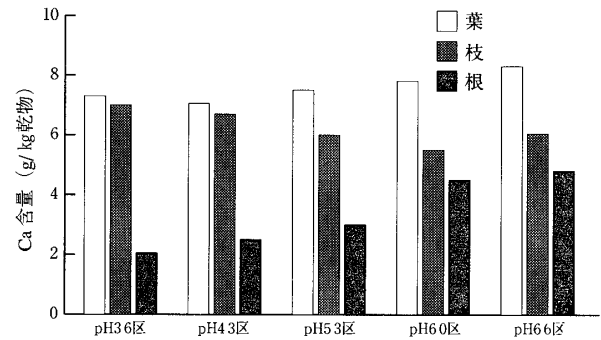


第4図 土壤 pH がラビットアイの K 吸収に及ぼす影響  
試料採取日：2001年10月22日

葉中 K 含量は低 pH 側で高く、生育低下のみられた pH3.6 区で最も含量が高かったことから、K 吸収は低 pH 側で促進されると考えられる。

### 4) Ca 含量

処理終了時の樹体各部位の Ca 含量を第5図に示した。葉では pH3.6 区と pH4.3 区で差はなかったが、それより pH が上昇すると増加した。根でも pH3.6 区から pH6.6 区にかけて増加し、特に pH5.3 区と pH6.0 区の差が大きかった。枝では逆に pH3.6 区と pH4.3 区に比較し、pH5.3 区から pH6.6 区で低い傾向であった。

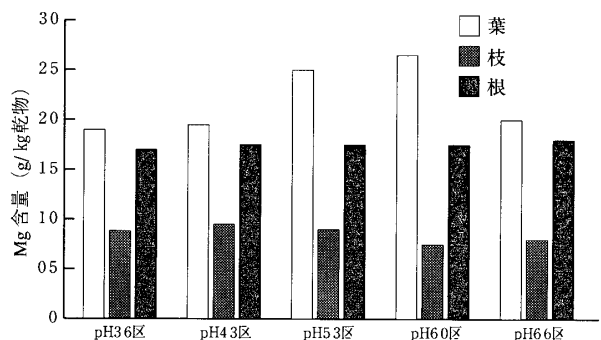


第5図 土壤 pH がラビットアイの Ca 吸収に及ぼす影響  
試料採取日：2001年10月22日

pH4.3 区よりも pH が高くなると、根や葉の生長が悪化したこと、pH 調整のために Ca(OH)<sub>2</sub> を施用したことなどが、これらに含まれる Ca の濃度を高めたと考えられる。

### 5) Mg 含量

処理終了時の樹体各部位の Mg 含量を第6図に示した。葉では pH5.3 区と pH6.0 区が他の区に比べ高かった。根や枝では土壤 pH の影響はあまりみられなかった。



第6図 土壤 pH がラビットアイの Mg 吸収に及ぼす影響  
試料採取日：2001年10月22日

Mg の吸収は好適 pH よりもやや高めの pH で促進され、それに加えて葉の生長低下により葉中濃度を高めたと考えられる。

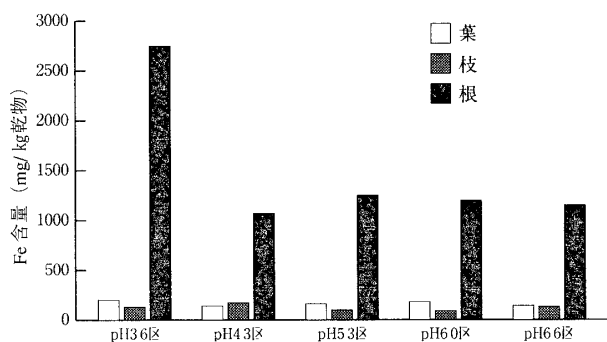
### 6) Fe 含量

処理終了時の樹体各部位の Fe 含量を第7図に示した。葉と枝の Fe 含量は低く、いずれにおいても pH 処理の影響はあまり大きくなかった。根では葉や枝に比べて著しく高く、なかでも pH3.6 区が他の区に比べ特に高い値を示した。

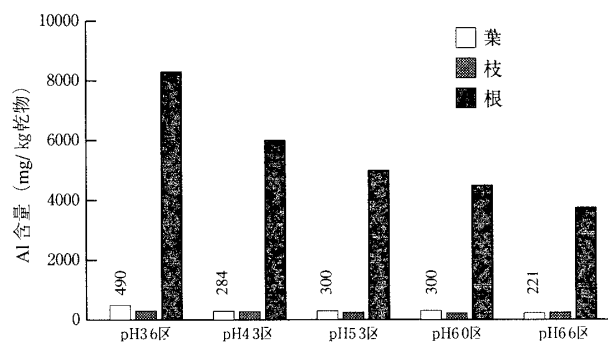
土壤 pH が 6.0 以上で葉にクロロシスの発生がみられたが、pH4.3 区から pH6.6 区の範囲では Fe 吸収と土壤 pH との関連は認められなかった。

### 7) Mn 含量

処理終了時の樹体各部位の Mn 含量を第8図に示した。葉と枝では同様に pH4.3 区で高く、pH の低下

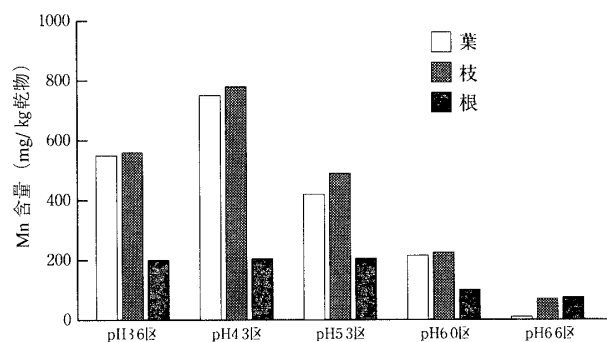


第7図 土壌 pH がラビットアイの Fe 吸収に及ぼす影響  
試料採取日：2001年10月22日



第9図 土壌 pH がラビットアイの Al 吸収に及ぼす影響  
試料採取日：2001年10月22日

や上昇により減少が著しかった。根では枝や葉より含量が低く、pH3.6区からpH5.3区までpHの影響はみられなかったが、pH6.0区以上で低下が認められた。



第8図 土壌 pH がラビットアイの Mn 吸収に及ぼす影響  
試料採取日：2001年10月22日

Mnは根から枝葉に移行しやすいと考えられるが、pHが4.3よりも高くなるに従って土壌中の可溶性Mnは減少し、加えて生育低下による吸収低下によってMn含量が減少したと考えられる。

#### 8) Al 含量

処理終了時の樹体各部位のAl含量を第9図に示した。葉と枝のAl含量は低く、いずれにおいてもpH処理の影響はあまり大きくなかったが、pH3.6区の葉では増加が認められた。根では葉や枝に比べて著しく高い値を示し、pH3.6区が最も高く、pHの上昇により減少していった。

土壌pHの低下は根のAl含量を著しく増加させたが、地上部へは移行しにくいことが認められた。

### 考 察

我が国では栽培種のブルーベリーとして、ハイブッシュとラビットアイが気候適性により各地で栽培されている。ブルーベリーの生育と土壌（培地）pHとの関係については、これまで多くの研究がなされてきた（石川，1984；Eck，1988；玉田，1997）。

玉田・岩田（1975）、杉山ら（1989）は窒素形態と土壌（培地）pHとの関連から、片倉・横溝（1991，1995b）は水耕法で養分吸収との関連から検討してきた。それらによれば、ブルーベリーの好適pHはハイブッシュではpH4.3～4.8、ラビットアイではpH4.3～5.5にあり、ともに強酸性の土壌（培地）で良好な生育を示すことが明らかにされてきた。しかし、土壌（培地）pHの生育に対する影響は、ブルーベリーの種類や品種、肥料の種類や濃度、環境条件などによって多少異なっているようである。

一般に、ブルーベリーの鉢栽培では、用土資材としてピートモス、鹿沼土、赤玉土などが利用されている。ピートモスは単独でも使われるが、鹿沼土や赤玉土は単独ではなくピートモスを混合して使われることが多い。本研究では各種園芸植物の用土資材として広く使われている赤玉土を主体にピートモスを混合（3：2）して用いた。土壌pHを3.6，4.3，5.3，6.0，6.6に設定してラビットアイで検討したところ、最も生育が良かったのはpH4.3区で、その前後のpHでは低下したことから、ラビットアイのこの土壌での最適pHは、4.3付近の比較的狭い範囲にあると考えられる。赤玉土でも土壌pHを4.3程度の強酸性に維持することの重要性が確認された。特に土壌pHの上昇は葉におけるクロロシスの発症や地上部生長の著しい阻害などを生じることが明らかであった。また、pH3.6区では葉焼けの発症やpH4.3区に比べ生育が悪化したことから、好酸性のラビットアイと言えども酸性障害が生じたものと考えられる。赤玉土そのもののpHは6.0程度であり、これにピートモスを4割加えるとpHはほぼ5.0となる。これは一般的に言われているラビットアイの好適pHの範囲内と考えられるが、本研究結果から考えると、さらにpHを下げる必要がある。硫黄粉末、酸性肥料、生理的酸性肥料などの施用により、低いpHを維持するような肥培管理法が必要であろう。

ブルーベリーが好酸性を示すその機構について

Suzukiら (1999a; 1999b) は、ハイブッシュの根の細胞活性に対する pH や Al 等の影響について検討し、根における Al の集積が低 pH 下で根圏に高濃度に存在する H<sup>+</sup> イオンによる酸性障害を防いでいるとしている。片倉・横溝 (1996) は樹体内窒素化合物の形態から検討し、培養液 pH が 3.5 で障害を受けたブルーベリーの葉や枝でアミノ酸や NH<sub>4</sub>-N が増加すること、また pH 4.0 に比較して pH 6.0 でも同様の傾向がみられることを報告している。しかし、好酸性の機構の詳細はまだ十分に解明されてはおらず、重要な検討課題の一つとなっている。本研究では多量必須元素および金属元素の吸収、特に Fe, Mn, Al など土壌 pH によって土壌溶液への溶出量に変化しやすい成分に着目して、これら成分の吸収面から検討を行った。生育の最も良かった pH 4.3 区では高 pH 区に比べ N, P, K の地上部への吸収増加が認められた。また、pH 4.3 区では高 pH 区に比べ特に根の Al 集積、葉や枝の Mn 集積、根や葉での Ca の減少などが認められた。Fe は pH が 4.3 よりも低くなって急激に根で含量が増加したが、後述の Al と同様に地上部へ移行しにくかった。Mn は根から地上部へ移行しやすく、枝葉の含量が増加しやすかった。Al は土壌 pH が低いほど根で含量が高まったが、葉や枝へは移行しにくく、pH 3.6 区の葉で増加が認められたのみであった。本研究結果から、ラビットアイは多量に吸収された根中の Al や枝葉中の Mn に対する耐性機構および根や葉の低 Ca 耐性機構をそなえていると考えられる。Al 吸収について考察すると、ラビットアイでは根に Al を留め地上部への移行を阻止することにより、Al による生育障害から自身を防御していると考えられる。しかし、一般に Al の根への集積は、根の生長を著しく阻害することが多くの植物で認められている。このラビットアイの根の Al 高濃度集積が Al 耐性に関わっているとすれば、根の Al 集積機構、集積した Al の生理的役割について解明していかなければならない。極度に低い pH の pH 3.6 区では生育の低下が認められたが、この原因として根の Al と Fe の高濃度集積あるいは葉への Al 過剰吸収が起因している可能性が考えられる。強酸性を好むラビットアイと言えども、土壌 pH の酸性化が進み過ぎると生育障害を生じる危険性があることが分かった。

以上のように、ラビットアイでは特に Fe, Mn, Al の吸収移行性に特徴がみられることから、これら成分の吸収集積機構、樹体内での働きについて、好酸性との関わりで解明していかなければならない。

## 摘 要

赤玉土にピートモスを混合 (3:2) し、pH を 3.6, 4.3, 5.3, 6.0, 6.6 に設定してラビットアイの生育と N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al 吸収への影響を検討した。

葉・枝・根の生長 (生体重) は pH 4.3 区が最も大きかった。pH 3.6 区では葉焼けが、pH 6.0, 6.6 区では葉にクロロシスがみられた。N, P 含量は、葉では pH 3.6, 4.3 区で高く、枝では pH 3.6 区で高かった。P 含量は根でも pH 3.6 区で高かった。K 含量は、葉では pH 3.6 区が最も高く、土壌 pH の上昇に伴って減少した。Ca 含量は、葉や根で土壌 pH の上昇に伴って増加した。Mg 含量は、葉では pH 6.0, 5.3 区で高かった。Fe 含量は、根で著しく高く、なかでも pH 3.6 区が特に高い値を示した。Mn 含量は、葉や枝では pH 4.3 区で最も高く、土壌 pH の上昇、低下で減少したが、根では pH 6.0 区以上の高 pH 側でのみ低下が認められた。Al 含量は、根で著しく高く低 pH 側で増加したが、地上部へは移行しにくく、pH 3.6 区の葉でのみ増加が認められた。

強酸性土壌で生育するラビットアイは、Al や Fe を根に集積し、地上部への移行を阻止することにより、酸性障害の発生を防御していると考えられる。

## 文 献

- Eck, P. 1988. Plant nutrition. Soil acidity-pH. p.91-92. Blueberry science. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey.
- 石川駿二. 1984. 適地と定植. 適土壌. p.62-66. 岩垣駿夫・石川駿二 編著. ブルーベリーの栽培. 誠文堂新光社. 東京.
- 伊藤三郎. 2001. ブルーベリー. ブルーベリーの健康機能性成分とその効用. p.213-220. 篠原和毅・近藤和雄監修. 健康機能性農産物研究会編. 大地からの健康学 地域特産と生活習慣病予防. 農林統計協会. 東京.
- 片倉芳雄・横溝 久. 1991. 水耕液 pH がハイブッシュ及びラビットアイ・ブルーベリーの生育と養分吸収に及ぼす影響. 恵泉女学園短大研究紀要. 24:3-13.
- 片倉芳雄・横溝 久. 1995a. 水耕によるラビットアイ・ブルーベリー樹の生育と養分吸収に及ぼす窒素形態の影響. 土肥誌. 66:506-512.
- 片倉芳雄・横溝 久. 1995b. ハイブッシュおよびラビットアイ・ブルーベリーの生育と養分吸収に及ぼす培養液 pH の影響. 土肥誌. 66:513-519.
- 片倉芳雄・横溝 久. 1996. ブルーベリー樹体中の

- 窒素化合物組成に及ぼす施用窒素形態, 培養液 pH の影響. 土肥誌. 67:399-404.
- 片倉芳雄. 1997. ブルーベリー園におけるアルミニウム, 鉄, マンガンの土壌中での動態と樹体への吸収. 私学研修. 145:87-100.
- 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. 58:63-67.
- Sugiyama, N. and S. Hanawa. 1992. Growth responses of rabbiteye blueberry plants to N forms at constant pH in solution culture. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61: 25-29.
- Suzuki, A., A. Miura and K. Aoba. 1999a. Observation on the viability of root apex cells treated with different pH and aluminum in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) and Maruba kaido (*Malus prunifolia* Borkh. var. Ringo) cultured *in vitro*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68: 932-936.
- Suzuki, A., A. Miura and K. Aoba. 1999b. Effects of aluminum, calcium, and phosphate on shoot growth, viability, and aluminum distribution in the root apices in highbush blueberry cultured *in vitro*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68: 937-941.
- 玉田孝人・岩田正利. 1975. 窒素形態ならびに pH の差異がラビットアイブルーベリーの生育及び無機成分含量に及ぼす影響. 園学要旨. 昭50秋: 104-105.
- 玉田孝人. 1997. ブルーベリー生産の基礎 [14] 9. 栄養特性および施肥. 農業および園芸. 72:932-934.
- 玉田孝人・池ヶ谷良夫. 2001. 概論. 栽培技術. p.22-23. 日本果樹種苗協会編. 特産のくだもの ブルーベリー. 日本果樹種苗協会. 東京.