

ピートモス施用, 窒素形態および土壌 pH がラビットアイ ブルーベリーの生育と養分吸収に及ぼす影響

片倉芳雄・廣田知子

Effects of Peat-moss Application, Nitrogen Form and Soil pH on the Growth and Nutrient Uptake of Rabbiteye Blueberry

Yoshio KATAKURA and Tomoko HIROTA

Summary

The effects of peat-moss application, nitrogen form ($\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$) and soil pH on the growth and nutrient uptake of 'Homebell' rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) were investigated. Peat-moss and $\text{NH}_4\text{-N}$ applications resulted in the best blueberry growth at pH 4. $\text{NH}_4\text{-N}$ promoted leaf development better than $\text{NO}_3\text{-N}$. The plants grown at pH 6 with $\text{NO}_3\text{-N}$ developed leaf chlorosis or leaf scorch. With peat-moss application, the N, P and K contents of leaves, twigs and roots increased at pH 4, both with $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$. The Ca contents of leaves, twigs and roots were higher at pH 6 than at pH 4, and increased with peat-moss application. The Mg content of roots increased with peat-moss application. The Mn content of leaves was higher at pH 4 than at pH 6. With peat-moss application, the Mn contents of leaves and twigs increased at pH 4 and that of roots decreased at pH 6. The Al content of leaves was higher at pH 4 than at pH 6. With peat-moss application, the Al and Fe contents of leaves, twigs and roots decreased. Peat-moss may play an important role in blueberry growth in highly acidic soil in terms of preventing the disorders caused by $\text{NO}_3\text{-N}$ or soil pH above the optimum range.

緒言

ブルーベリーは北米原産, ツツジ科 (*Ericaceae*) スノキ属 (*Vaccinium*) の低木性落葉果樹であり, 果実にはアントシアニンや食物繊維などの機能性成分が比較的多く含まれることから (伊藤, 2001), 近年, その栽培・利用が広まりつつある. わが国では, 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) が栽培種のブルーベリーとして重要であり, 気候適性から北部ハイブッシュは冷涼地, ラビットアイと南部ハイブッシュは温暖地の各地で栽培されている. 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 の範囲とされ (Eck, 1988; 玉田, 1997), 土壌 pH がこれよりも高いと葉にクロロシスや壊死の発生, 枝の枯死, 根の伸長阻害などの生育障害を

生じやすい (杉山ら, 1989; 片倉, 1997). 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り, 土壌 pH の適正な維持管理が必要とされる. 一方, ブルーベリーでは施肥窒素形態が原因となる生育障害も生じやすく, 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の施肥ではアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) 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). 窒素施肥と生育との関係, 特に $\text{NO}_3\text{-N}$ による生育障害発生機構の解明は, ブルーベリーの肥培管理上重要なことである.

ブルーベリーは園地での栽培のほか, 小果樹のため鉢栽培も通常よく行われている. 鉢用土としては, ピートモス単独や鹿沼土あるいは赤玉土とピートモスとの混合土などのほか種々の資材が利用され

ている。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、まだよく分かっていないことも多い。前報(片倉・廣田, 2003)では、赤玉土とピートモスとの混合土の pH とラビットアイの生育・養分吸収との関連について検討し、Al と Fe の吸収・移行性に大きな特徴のあることなどを報告した。本研究は、ブルーベリー栽培における肥培管理上の基礎資料を得るとともに、好酸性・好アンモニア性の機構解明の手がかりを得ることを目的とした。用土として鹿沼土を使用して、これにピートモス施用の有無, 施用窒素形態 ($\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$) および土壌 pH (4 と 6) を組み合わせた処理を行い、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した。本研究により、ラビットアイではピートモス施用で、土壌 pH を 4 とし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用の場合に最も生育が良く、ピートモス施用により Al や Fe の過剰や異常吸収が抑制されることなどが明らかになった。

材料および方法

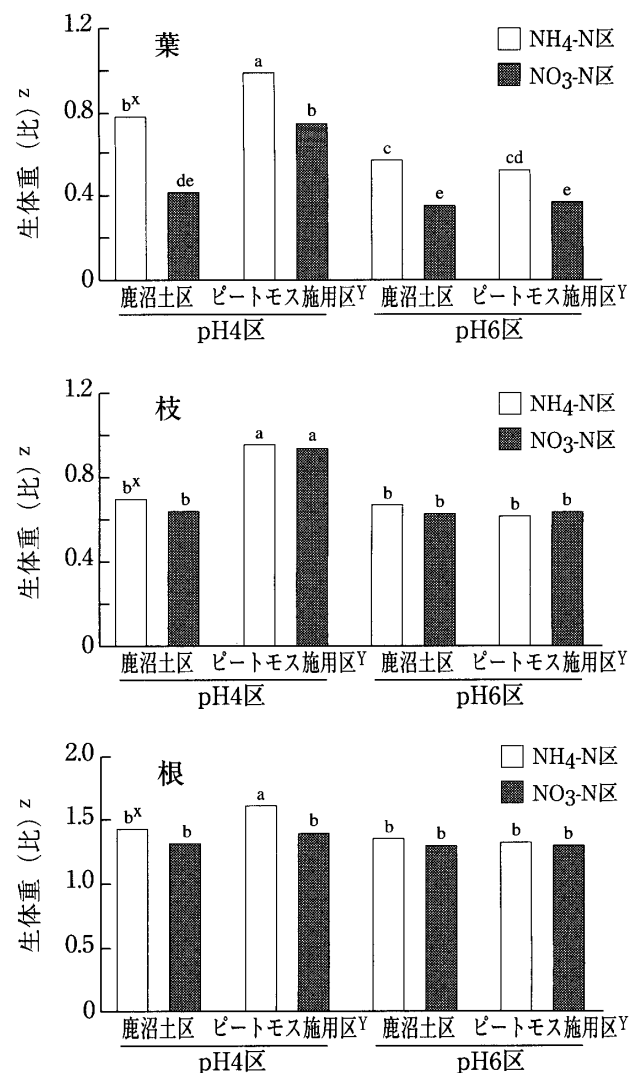
1. 栽培

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。処理土壌は、鹿沼土のみ(鹿沼土区)および鹿沼土にピートモスを体積比で 3 : 2 に混合したもの(ピートモス施用区)の 2 種類とした。土壌 pH (H_2O) は 4 と 6 の 2 処理区とし、処理開始前にあらかじめ 0.2M 硫酸 (H_2SO_4) あるいは 0.2M 水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) を用いて所定の pH に調整を行った。施用窒素形態は $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の 2 形態とし(それぞれ $\text{NH}_4\text{-N}$ 区と $\text{NO}_3\text{-N}$ 区)、各区 12cm ポットに苗木を 1 樹ずつ植え 4 連で、2001 年 4 月 20 日から 10 月 15 日まで本学園屋外(伊勢原市三ノ宮)で栽培した。

処理期間中は約 2 週間に 1 回土壌 pH の測定を行い、0.02M H_2SO_4 あるいは 0.02M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を使用して所定の pH に調整した。施肥は 4 月 27 日, 5 月 8 日, 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 $\text{NH}_4\text{-N}$ ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) $5.6\text{mg} \cdot \text{liter}^{-1}$ または $\text{NO}_3\text{-N}$ (NaNO_3) $5.6\text{mg} \cdot \text{liter}^{-1}$, P (KH_2PO_4) $3.8\text{mg} \cdot \text{liter}^{-1}$, K (KH_2PO_4) $4.8\text{mg} \cdot \text{liter}^{-1}$ 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

生育調査のため、処理開始時には根を水道水で洗浄して樹重を測定した。処理終了時には、樹体を水道水で洗浄して葉, 枝, 根に分けて生体重の測定を



第 1 図 窒素・ピートモスの施用および土壌 pH が生育に及ぼす影響

^z 処理終了時生体重/処理開始時樹重

^y 鹿沼土：ピートモス = 3 : 2 (体積比)

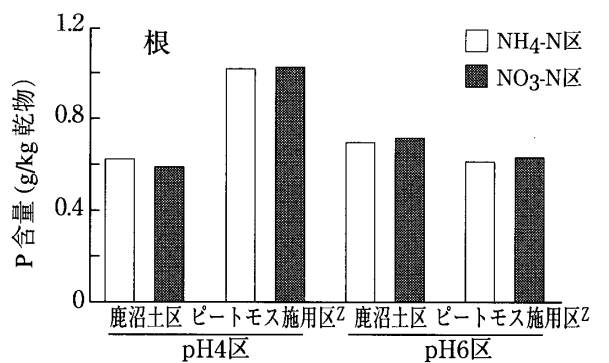
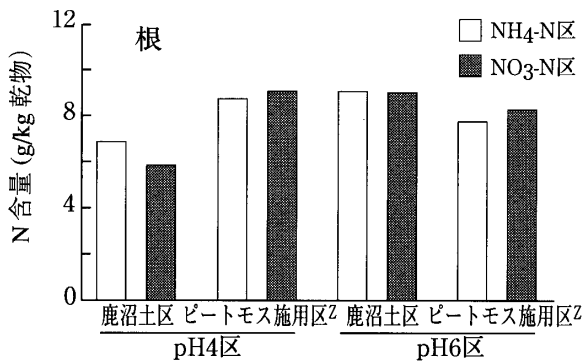
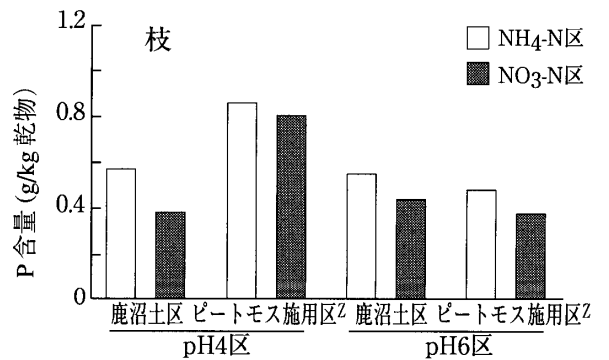
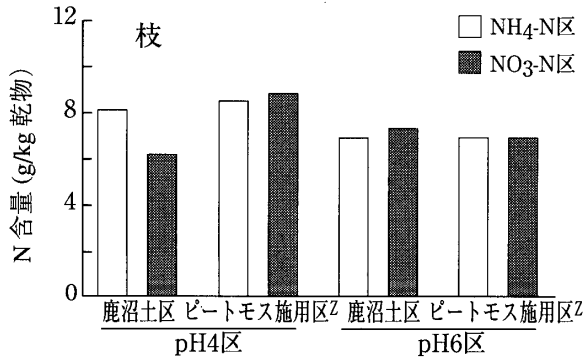
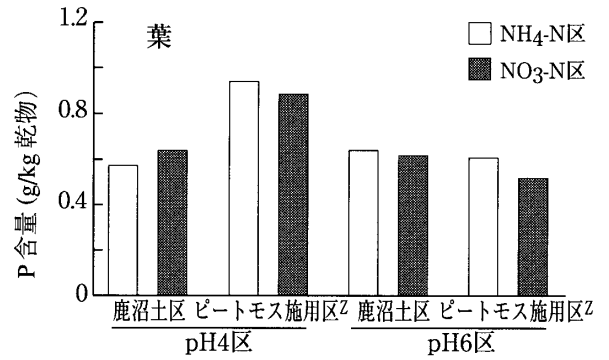
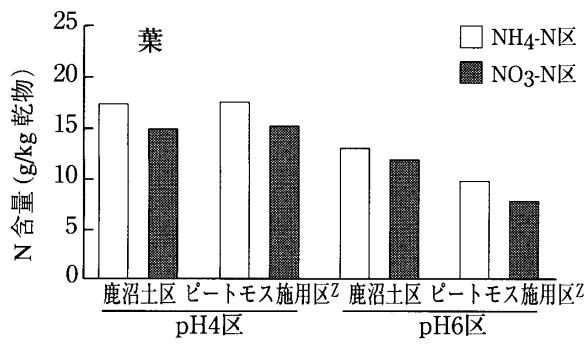
^x 異なる文字はダンカンの多重比較検定で有意差 (5%レベル) のあることを示す

行い、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。この粉碎試料を前報(片倉・廣田, 2003)と同様に、濃硫酸と過酸化水素水による分解の後、N はケルダール法、P は硫酸モリブデン法、K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al は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 (比) を第 1 図に示した。葉では $\text{NH}_4\text{-N}$ 区をみると、対応する $\text{NO}_3\text{-N}$ 区よりも高く、pH4 区が pH6 区よりも高く、pH4



第2図 窒素・ピートモスの施用および土壌pHがN吸収に及ぼす影響

² 鹿沼土：ピートモス = 3 : 2 (体積比)

第3図 窒素・ピートモスの施用および土壌pHがP吸収に及ぼす影響

² 鹿沼土：ピートモス = 3 : 2 (体積比)

区ではピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。NO₃-N区をみると、pH4区ではピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。pH6区のNO₃-N区は鹿沼土区、ピートモス施用区ともに葉にクロロシスや斑点状あるいは葉縁の褐変壊死がみられた。枝ではpH4区でNH₄-N区、NO₃-N区ともにピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。根ではpH4区のピートモス施用区のNH₄-N区は他の区よりも高かった。

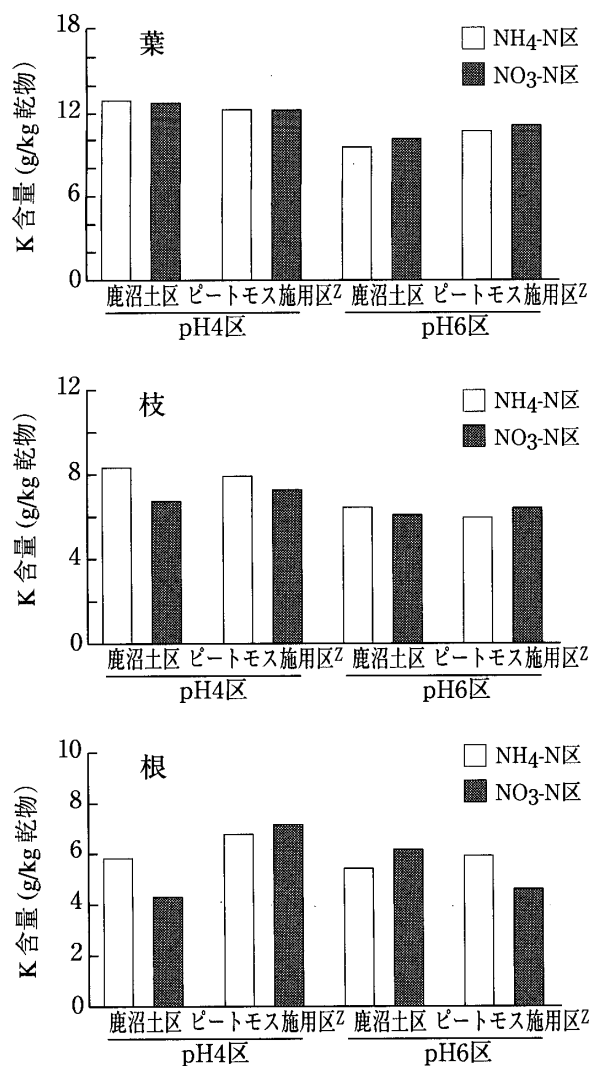
ラビットアイの生育はpH4区のピートモス施用区のNH₄-N区でもっとも高かった。ピートモスの施用はpH4区ではNH₄-N区、NO₃-N区ともに生育を促進させるのに対して、pH6区では生育促進効果がなかった。

2. 養分吸収

1) N 含量

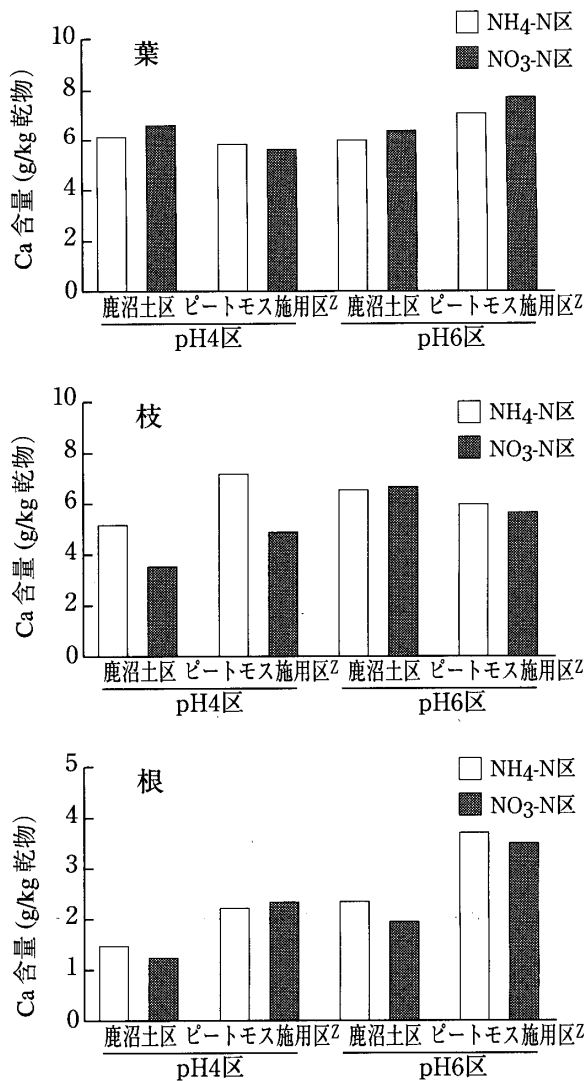
処理終了時の樹体各部位のN含量を第2図に示した。葉ではNH₄-N区をみると、pH4区がpH6区よりも高く、pH6区ではピートモス施用区が鹿沼土区よりも低かった。NO₃-N区をみると、対応するNH₄-N区と同程度か低い値であった。枝ではNH₄-N区をみると、pH4区がpH6区よりも高かったが、ピートモス施用の影響はみられなかった。NO₃-N区をみると、pH4区の鹿沼土区でNH₄-N区よりも低かったが、他の区はNH₄-N区に近い値であった。根では窒素形態の影響は小さく、pH4区ではNH₄-N区、NO₃-N区ともにピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。

N含量は、ピートモスの施用によりpH4区では根



第4図 窒素・ピートモスの施用および土壌 pH が K 吸収に及ぼす影響

² 鹿沼土 : ピートモス = 3 : 2 (体積比)



第5図 窒素・ピートモスの施用および土壌 pH が Ca 吸収に及ぼす影響

² 鹿沼土 : ピートモス = 3 : 2 (体積比)

や枝で高まり窒素形態の影響を緩和したが, pH6区では葉中含量を低下させた。

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。葉では窒素形態の影響は小さく, pH4区ではNH₄-N区, NO₃-N区ともにピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。枝でも葉とほぼ同様の傾向であったが, pH4区のピートモス施用区を除きNO₃-N区がNH₄-N区よりも低かった。根では窒素形態の影響はみられず, pH4区ではピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。

pH4区ではピートモス施用によりNH₄-N区, NO₃-N区ともに根や枝葉のP含量が高まったが, これはピートモス施用による生育増進と土壌中のPの可給

態化によると考えられる。

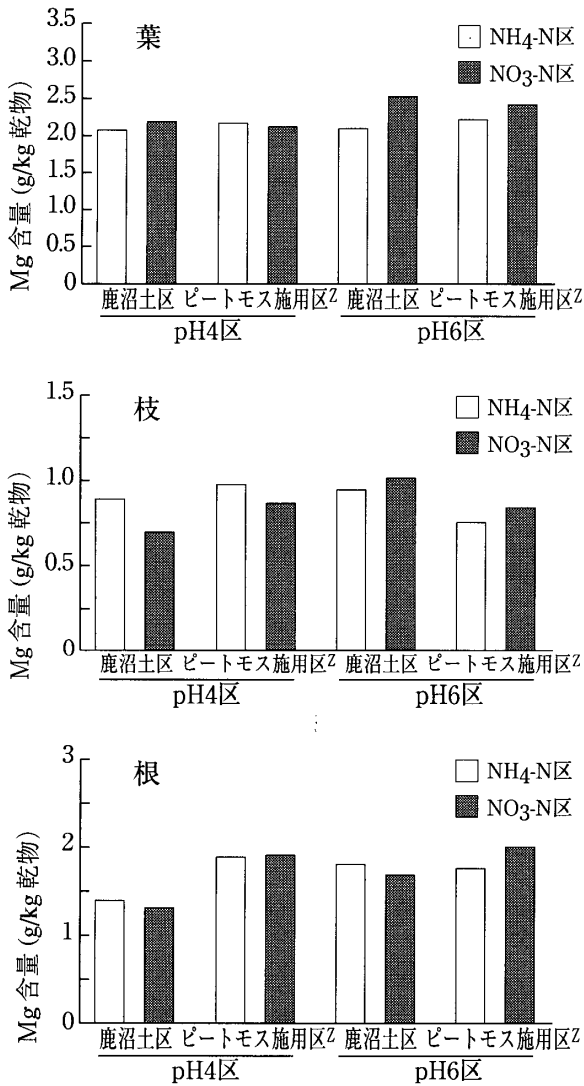
3) K 含量

処理終了時の樹体各部位のK含量を第4図に示した。葉では窒素形態, ピートモス施用の影響は小さく, pH4区がpH6区よりも高かった。枝でもNH₄-N区ではpH4区がpH6区よりも高かった。根ではpH4区でNH₄-N区, NO₃-N区ともにピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。pH4区の鹿沼土区, pH6区のピートモス施用区ではNO₃-N区がNH₄-N区よりも低かった。

葉や枝のK含量は低pH下で高まり, さらに低pH下でのピートモス施用は根のK含量を高めた。

4) Ca 含量

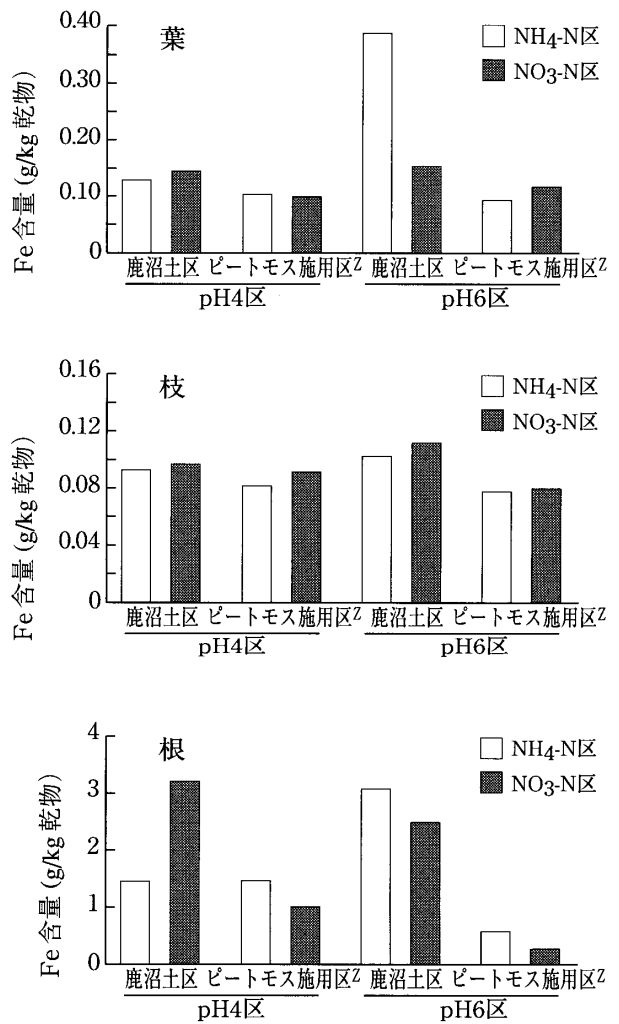
処理終了時の樹体各部位のCa含量を第5図に示



第6図 窒素・ピートモスの施用および土壌 pH が Mg 吸収に及ぼす影響
² 鹿沼土：ピートモス = 3 : 2 (体積比)

した。葉では窒素形態の影響は小さく、pH6 区では NH₄-N 区、NO₃-N 区ともにピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。枝では pH4 区で NH₄-N 区は NO₃-N 区よりも高く、NH₄-N 区、NO₃-N 区ともにピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。根では窒素形態の影響は比較的小さく、pH4 区、pH6 区ともにピートモス施用区が鹿沼土区よりも高かった。

pH4 区よりも pH6 区で、また pH4 区、pH6 区ともにピートモス施用区で、根、枝あるいは葉の Ca 含量が高い傾向がみられた。これは pH 調整のために施用した Ca(OH)₂ による土壤中 Ca 濃度の増加やピートモス施用による吸収促進効果によることが考えられる。



第7図 窒素・ピートモスの施用および土壌 pH が Fe 吸収に及ぼす影響
² 鹿沼土：ピートモス = 3 : 2 (体積比)

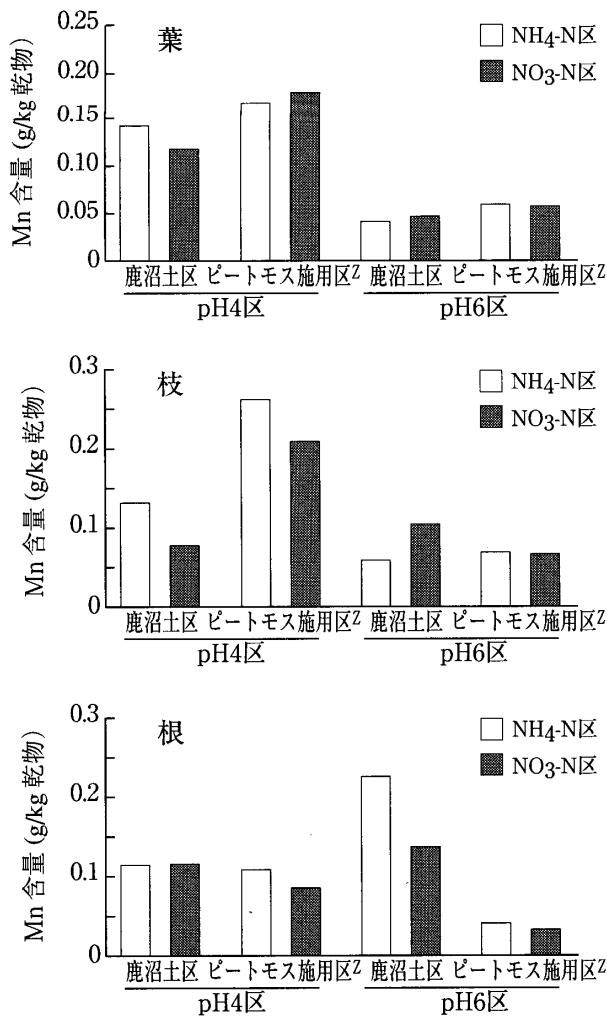
5) Mg 含量

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 pH6 区で NO₃-N 区が NH₄-N 区よりもやや高い傾向であったが、pH4 区では窒素形態、ピートモス施用の影響は認められなかった。枝では pH4 区の鹿沼土区では NO₃-N 区が NH₄-N 区よりも低く、pH6 区では NH₄-N 区、NO₃-N 区ともに鹿沼土区よりもピートモス施用区で低かった。根では pH4 区の鹿沼土区が NH₄-N 区、NO₃-N 区ともに低かった。

Mg 含量は、NH₄-N 区、NO₃-N 区ともにピートモス施用により pH4 区では根で高まり、pH6 区では枝で低下した。

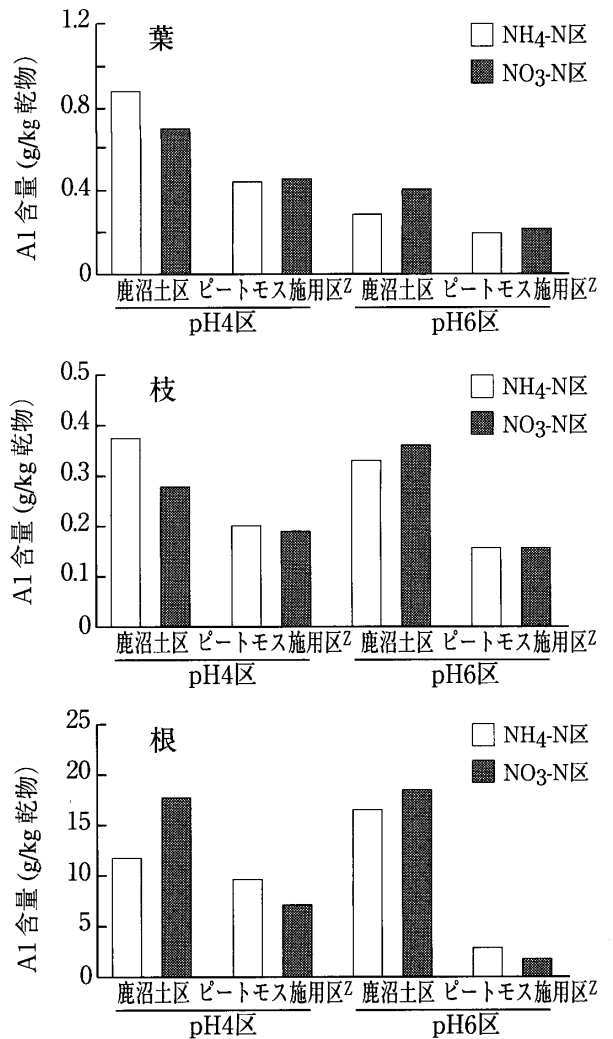
6) Fe 含量

処理終了時の樹体各部位の Fe 含量を第 7 図に示した。葉では pH6 区の鹿沼土区の NH₄-N 区が特に高



第8図 窒素・ピートモスの施用および土壌 pH が Mn 吸収に及ぼす影響

⌘ 鹿沼土：ピートモス = 3 : 2 (体積比)



第9図 窒素・ピートモスの施用および土壌 pH が Al 吸収に及ぼす影響

⌘ 鹿沼土：ピートモス = 3 : 2 (体積比)

かった。その他、葉では全体的に pH4 区、pH6 区において NH₄-N 区、NO₃-N 区ともにピートモス施用区が鹿沼土区よりも低い傾向であった。枝では pH6 区で、ピートモス施用区が鹿沼土区よりも低かった。根では葉や枝に比べて高く、特に pH4 区の鹿沼土区では NO₃-N 区で、pH6 区の鹿沼土区では NH₄-N 区、NO₃-N 区ともに高かった。ピートモス施用区ではこれらよりも低かった。

Fe 含量は pH 処理、窒素形態にかかわらず、ピートモス施用により特に根において低下する傾向がみられた。ピートモス施用は Fe の過剰吸収や異常吸収を抑制する効果をもつことが考えられる。

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。葉では pH4 区で NH₄-N 区、NO₃-N 区ともに

ピートモス施用区は鹿沼土区よりも高かった。pH6 区では対応する pH4 区に比べて低く、窒素形態、ピートモス施用の影響は小さかった。枝でも全体的には葉と同様の傾向であったが、pH4 区の鹿沼土区の NO₃-N 区では NH₄-N 区よりもかなり低かった。根では pH6 区で鹿沼土区がピートモス施用区よりも高かった。

Mn は、pH6 区よりも pH4 区で地上部の葉や枝に多く吸収されやすく、pH4 区でのピートモス施用はこれを助長させた。一方、pH6 区でのピートモス施用は根の含量を低下させた。

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。葉では、NH₄-N 区、NO₃-N 区ともに pH4 区ではピートモス施用により鹿沼土区よりも低下が認め

られた。pH6区ではpH4区に比べ低く、ピートモス施用でpH4区と同様の傾向がみられた。枝でもpH4区、pH6区ともにピートモス施用により鹿沼土区よりも低下した。根では葉や枝に比べて著しく高い値を示し、ピートモス施用による影響は葉や枝とほぼ同様の傾向であった。窒素形態の影響としては、pH4区の鹿沼土区でNO₃-N区はNH₄-N区よりも根のAl含量が高く、葉、枝で低い傾向であった。

土壌pHの低下は葉のAl含量を高めたが、ピートモス施用は根、葉、枝のAl含量を低下させた。鹿沼土区でのNO₃-N施用や、土壌pHが6に上昇すると根のAl含量は高まった。

考 察

わが国では、主としてブルーベリーの気候適性によって北部ハイブッシュは冷涼地、ラビットアイと南部ハイブッシュは温暖地の各地で栽培されている。ブルーベリーの生育は土壌pHの影響を受けやすいことから、土壌(培地)pHと生育との関係については、多くの研究がなされてきた(Eck, 1988; 玉田, 1997)。窒素形態(玉田・岩田, 1975; 杉山ら, 1989)、養分吸収(片倉・横溝, 1995b; 片倉・廣田, 2003)、その他種々の要因との関連などからの検討もなされてきた。それらの結果は、ブルーベリーの品種、肥料の種類や濃度など実験条件によって多少異なるが、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のいずれも強酸性の培地で良好な生育を示すことが明らかにされてきた。

ブルーベリーは小果樹のため、鉢栽培も通常行われることが多く、用土資材としてピートモス、鹿沼土、赤玉土など種々の資材が利用されている。一般に、ピートモスはブルーベリー栽培に必須とされ単独でも使われるが、鹿沼土や赤玉土ではピートモスや他の資材を混合して使われることが多い。本研究ではピートモス施用が生育と養分吸収に及ぼす影響を明らかにするため、鹿沼土単独と、これにピートモスを混合(3:2)したものを用いた。各々土壌pHを4と6に設定し、これに窒素形態を組み合わせさせてラビットアイで検討した。生育への影響は、地上部の特に葉の生長に表れた。最も生育が良かったのはpH4区のピートモス施用区のNH₄-N区であった。ピートモス施用によりpH4区ではNH₄-N区、NO₃-N区ともに生育は促進されたが、pH6区ではピートモス施用の効果が無いことが示された。pH6区ではピートモスが分解等により、成分の化学的変化や物理的変化を生じたことが原因となった可能性

が考えられる。ラビットアイでは、用土として鹿沼土を使用した場合はピートモスを施用し、pHを4付近に維持し、窒素肥料はNH₄-Nを用いるのがブルーベリーの生育を良好に保つ上で重要であることが確認された。土壌pHが6に上昇すると、葉におけるクロロシスや壊死を生じ葉の生長低下がみられたことから、長期的には根の発育阻害をも生じる可能性が考えられる。鹿沼土そのもののpHは5.7程度であり、これにピートモスを4割加えるとpHはほぼ4.8となる。これは一般的に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を下げてよいと思われる。pH矯正資材、酸性あるいは生理的酸性肥料などの施用により好適pHに矯正し、好適pHを維持するような肥培管理法の確立が必要である。

前報(片倉・廣田, 2003)では、赤玉土とピートモスとの混合土のpHとラビットアイの生育・養分吸収との関連について検討し、AlとFeは根に留まり地上部へ吸収・移行しにくいなどの特徴があることを報告した。しかし、AlやFeのこのような吸収・移行特性、好酸性の機構の詳細はまだ十分に解明されてはならず、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など土壌の酸性化によって土壌溶液に溶出しやすい成分の吸収面から検討を行った。生育の最も良かったpH4区のピートモス施用区のNH₄-N区では、対応するpH6区に比べN、P、K、Mn、Alの地上部への吸収増加、N、P、K、Fe、Mn、Alの根への吸収増加、根や葉でのCaの減少が認められた。Mnは根から地上部へ移行しやすく、枝葉の含量が低pH区で増加しやすかった。Alは根の含量が、葉や枝と比べて著しく高く、地上部へは移行しにくかった。本研究結果から、pH4区、ピートモス施用区でのNH₄-N区のラビットアイの生育促進は、N、P、K吸収増加と密接に結びついていると考えられる。また、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に対する耐性および根や葉の低Ca耐性をそなえていると考えられる。Al吸収をみると、ラビットアイでは根にAlを留め地上部への移行を抑制することにより、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の生理的役割などについて解明が必要である。ブルーベリーの好酸性の機構について、Suzukiら(1999a, 1999b)

は, 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 下で根圏に高濃度で存在する H^+ イオンによる酸性障害を防いでいるとしている。pH4 区でも鹿沼土区の NO_3-N 区や pH6 区の鹿沼土区で NH_4-N 区, NO_3-N 区ともに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過剰吸収が起因している可能性が考えられる。低 pH 下でのピートモス施用は, このような根への Al や Fe の高濃度集積あるいは葉や枝への過剰吸収を抑制する働きをするものと考えられる。

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, これらの機構, 樹体内での働き, ピートモス施用との関連などについて, さらに詳細な検討が必要とされる。

摘 要

鉢用土として鹿沼土を用い, ピートモス施用, 窒素形態, 土壌 pH がラビットアイ (品種: ホームベル) の生育と養分吸収に及ぼす影響を検討した。

1) 生育は NH_4-N 区が NO_3-N 区よりも, NH_4-N 区では pH4 区が pH6 区よりも高かった。pH4 区ではピートモス施用により NH_4-N 区, NO_3-N 区ともに生育が促進された。pH6 区の NO_3-N 区では葉にクロロシスや部分的褐変壊死がみられた。

2) 根や枝葉の N, P, K 含量は, pH4 区でピートモス施用により NH_4-N 区, NO_3-N 区ともに高い値を示した。

3) 根, 枝あるいは葉の Ca 含量は, pH4 区よりも pH6 区が, またピートモス施用区が鹿沼土区よりも高い傾向がみられた。根の Mg 含量は, pH4 区でピートモス施用により高まった。

4) 葉の Mn 含量は, pH6 区よりも pH4 区で高かった。ピートモス施用により Mn 含量は葉や枝では pH4 区で高まり, 根では pH6 区で低下した。

5) 葉の Al 含量は pH4 区が pH6 区よりも高かった。ピートモスの施用により根や枝葉の Al や Fe 含量が低下した。

6) ピートモス施用は, NO_3-N 施用や土壌 pH の上昇によって生じる Al や Fe の過剰や異常吸収を抑制する働きをもつことが示された。このことがピートモス施用下の酸性土壌で, ラビットアイが良好な生育を示す一因と考えられる。

文 献

Eck, P. 1988. Plant nutrition. Soil acidity-pH. p.91-92.

Blueberry science. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey.

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. 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. 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.

片倉芳雄・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. 恵泉女学園園芸短大研究紀要. 34:1-6.

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.