

アスパラガスの生産性に及ぼす環境要因の解析 第2報 土壌型の特性と生産性, 特に根 群分布と土壌肥沃との関係

多賀辰義* 関口久雄* 岩崎晴郎**

アスパラガス畑の生産性および土壌実態調査研究の結果, 収量と土壌型の関係では褐色低地土(沖積土)で最も高く, ついで褐色火山性土, 未熟火山性土, 火山放出物未熟土および酸性褐色森林土(洪積土)の順であった。その主要因は根が表層0~10cmに少なく, その下層10~30cmに70~80%あるにもかかわらず, 根分布に対応した肥培管理がなされていないことにあった。土壌層位毎の根量と土壌化学性との関係を調査研究した結果でも, 下層の化学性と根量比は密接な関係を持ち, 十分な根量の確保には表層下10~30cm位まで, $\text{Truog P}_2\text{O}_5$ および塩基飽和度を土壌診断基準値以内にする必要があると推定された。さらに, 土壌の物理性は酸性褐色森林土における堅密化(山中式硬度計示度26~27)による根の伸長阻害や火山放出物未熟土にみる粗粒下層の過剰孔隙(35%以上)による保水性低下等が根量の減少をもたらしており, 粗孔隙(pF 1.5以下)が10~25%の範囲で根群の発達は最も良好であった。

緒 言

前報¹³⁾においては, アスパラガスの生産性は同化物質の蓄積量に支配されるため, これに関与する茎葉生育量を制約する収穫期間の長短と経年的な生産性の関係を解析した。本報では引き続き生産量増大の基礎となる根量の確保に影響を及ぼす土壌理化学性と根群分布との関係を検討した。

一般に, 作物生産性と土壌との関係は各作物の根の浅深とか, 単年生か永年生かによって違ってくる。例えば麦類のような根の浅い単年生作物とアスパラガスや果樹などの深根性のものでは, それぞれの根域に対応した施肥法が必要である。つ

まり麦類では, 永年生のものや深根性のものに比べて表層にポイントを置くため肥培管理は比較的容易であり, 土壌型による生産性の変異も小さいと推定される。ところが永年生作物畑の肥培管理は往々にして表層に施肥位置が固定しやすいために, その位置に養分の集積が起り, 根群域に充分に対応しえないケースが予想される。こうした見地から, これら作物では調査の困難な根量の測定を試みながら, 根張りや施肥法との関係を解析する研究が進められている^{1,9)}。

アスパラガスは深根性永年作物であり, 収穫時の培土作業等が施肥位置にも影響し, 特徴ある養分集積が起り, 充分に根分布に対応していないと予想される。したがって, 本作物の根群分布状況を詳細に知らなければ, 現在, 1年生の普通作物で考えられているような, 各土壌型特性に対応した肥管理の導入によって, 一定水準の生産性を維持しうる^{6,7)}という一般論の導入は不可能となる。かかる観点から, 筆者らは本作物の根量調査にあ

1981年11月30日受理

* 北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町

** 同上(現北海道立上川農業試験場, 078-02 旭川市永山)

わせて層伝別の土壌理化学性を検討し、主根群域に対応する肥培法の確立に向けて研究を進めている。本報ではこれらの結果からえられた知見を報告する。

なお、本稿の取まとめに当たり、御指導校閲をいただいた中央農業試験場奥村純一化学部長、南松雄環境保全部長に心から謝意を表す。また、調査実施にあたっては各地区普及所、北海道アスパラガス協会山川潔氏、北海道製缶詰研究所佐藤滋樹所長、山吹一芳研究員には多大な御協力、御援助をいただいた。記して謝意を表す。

調査方法

土壌型と生産性に関する実態調査では、同じ土壌型毎に収量水準別出現割合を1980年のホワイトアスパラガス加工工場への出荷実績395点をもとに検討した。さらに、1976年から1979年にわたって現地実態調査を実施し、16地区、74地点の土壌断面調査、生育調査および土壌理化学性分析を行った。根量調査は1980年に8地点につき切口100cm²、深さ50cmの打込採土器を用いて、土壌層位別に実施した。なお、これら調査に用いた土壌型名は本道の地力保全研究者によって提示された北海道の第2次土壌分類案⁴⁾を用いた。

土壌分析については、有効態P₂O₅ (Truog P₂O₅)は硫酸モリブデン法、置換性CaO、MgOおよび可溶性Al (pH4-N 酢安可溶)は原子吸光法、置換性K₂Oは炎光法により、各養分の抽出法やpH測定は土壌養分測定法³⁾に準拠した。

ところで、根に関する記述のうち、“根群分布”と“根域”はほぼ同意義に深さを表わし、同様に、“根量”と“根の密度”は量を表現する用語として用いた。

結果

1. 土壌型と生産性

一般に農作物の生産性と土壌特性との相互関係は作物の肥培管理上、密接不離の状態にある。特に永年作物にとって両者の関係は極めて重要であるにもかかわらず、これに関する研究では奥村³⁾の土壌型に対応した草地造成管理技術などが散見されるのみである。

深根性永年作物であるアスパラガスの場合は養水分の吸収のみならず、収量を左右する貯蔵根の

確保にも影響するため、生産性と土壌特性の相互関係は更に深くなり、土壌特性が生産性を支配する割合が一層強くなるものと推察される。後述するように、本作物の根群の土壌層位別分布は表層で少なく、土層10~30cmに主根群がある。したがって、土壌肥沃度と生産性の関係は根分布と対応して検討する必要があるが、本章から3章では、従来の土壌調査法による資料をもとに、概括的に土壌型⁴⁾と生産性の関係を取りまとめた。

まず、両者の関係を知る手かかりとして、生産地より加工工場への出荷実績を取りまとめるため土壌型と収量性の関係を図1に示した。その結果、両者の間で比較的明確な対応がみられ、この関係を生産性の高い順に並べると褐色低地土(沖積土)、褐色火山性土(ローム質)、未熟火山性土(粗粒質)、火山放出物未熟土および酸性褐色森林土(洪積土)の順に配列された。

さらに内容的にみると、土壌型の中で最も高収性が期待できる褐色低地土(上湧別)では、収量平均値が700kg/10aを示し、400kg以下の低収地は殆んど認められなかった。つぎに、火山性土群の収量性は同じローム質の褐色火山性土でも、留寿都と乙部の両地区では前者に比べて後者の生産性

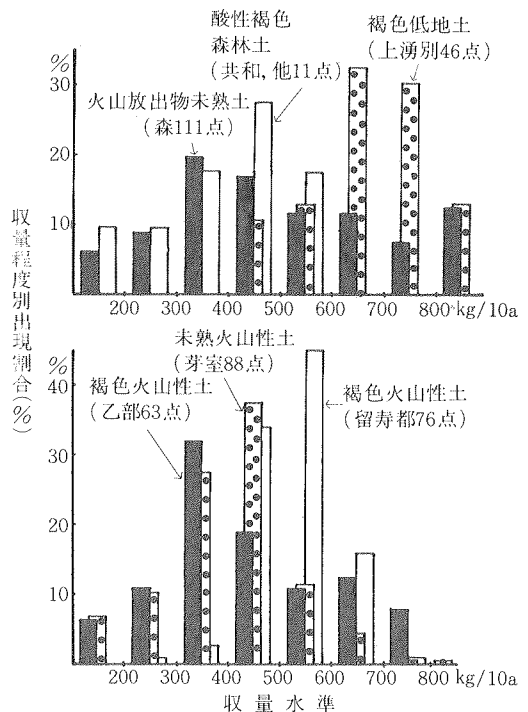


図1 土壌型と収量性

は明らかに劣った。その要因の一つとして、土壤肥培管理が不十分なケースも考えられた。これに対し褐色火山性土より土壤化学性の面で劣ると推定される未熟火山性土(芽室)は前述の両褐色火山性土の中間にあり、収量の多くは400~500kgに集中していた。さらに、火山放出物未熟土では収量水準別の出現頻度の特に多いところがなく、200kgの極低収畑から800kg以上の高収畑まで広く分布していた。つまり、本土壌は一般に低収畑に属するが、人為的な肥培管理によっては高収量確保の可能性が示唆された。最後に、酸性褐色森林土の場合は収量分布が400~500kgに最も集中しており、700kg以上の高収畑は皆無であった。野外観察によれば、本土壌は多くの場合、下層への根の伸長は少なく絶対根量が不足し、低収となっていると推定された。

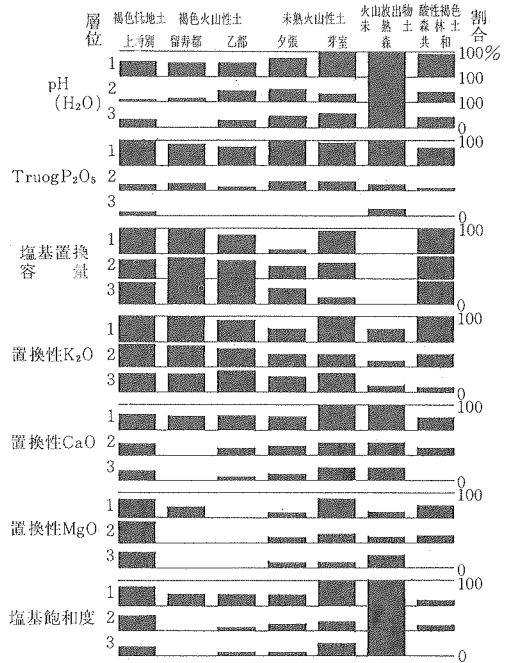
以上のように、ここでは土壤型別の特性と生産性との間に密接な相互関係があることを示唆するとともに、具体的な土壤理化学性との関係はつぎの実態調査で詳細な検討を行うこととした。

2. 土壤型と土壤化学性

前項ではアスパラガスの生産性が土壤型によって異なることを明らかにした。本項では生産性を支配する要因のうち、土壤化学性について検討した。本作物畑の土壤肥沃度の解析に当っては根分布に対応し、より細分化した土層毎の分析が必要であるが、しかし本項では従来⁵⁾の土壤層位区分による調査の値をもって、本作物畑の土壤の特性を土壤型毎に概略的にとらえてみた。本作物に対する土壤化学性の適切な診断基準は新畑や既成畑改善法⁵⁾の中で表示されており、この目標値を下層の3層まで適応させ、各層位毎にこの基準値内に入る調査地点の割合を図2に示した。

まず土層別毎にみると、各土壤ともに、第1層(0~22cm)の $\text{Truog P}_2\text{O}_5$ や置換性 K_2O 含量は土壤診断基準値内¹⁷⁾か、これを上廻っていることが確認された。第2層(22~42cm)以下では $\text{Truog P}_2\text{O}_5$ をはじめ各要素とも基準値を下廻る割合が高く、褐色低地土以外でこの傾向は顕著であった。これは既報¹²⁾で明らかのように、施肥の主体が表層を対象としており、かつアスパラガス用化成の単用であり、 CaO や MgO の土壤改良資材の施用量が少ない現況を反映しているものと推察された。

つぎに、各土壤型毎にみると、最も生産性の高



注 1) 診断基準値のうち、塩基置換容量は15me以上、他は道標準¹⁷⁾とした。
2) 1層 0~22cm, 2層 22~42cm, 3層 42cm~

図2 土壤別の土壤診断基準値内の出現割合

い褐色低地土は他土壤に比べて、各要素とも土壤診断基準値内に入る頻度が高く、1層と同様の基準値で2~3層をみても同様の傾向を示した。火山性土間では各要素の変異が大きいが、その中で保肥力の一表現型である塩基置換容量は生産性の高い順に高く褐色火山性土、未熟火山性土および火山性放出物未熟土の順であった。また、火山性土群は共通的に CaO や MgO 含量が少なく、土壤診断基準値内に入る割合は低下した。これを先の生産性との関係でとらえると、褐色火山性土の中では1層の塩基類は留寿都が乙部を若干上廻り、2層以下で大差なかったが、生産性では留寿都が明らかに優っていた。田中ら¹⁵⁾によれば、本作物は耐低塩基性が強いが、耐 Al 性は弱いとされており、両土壤間の収量差は Al の多少が影響しているものと推定された。留寿都の火山性土が他の火山性土に比べて収量水準が若干高いのは養水分(特に N など)の保持供給力が大きいことに由来すると推定された。

他方、未熟火山性土や火山放出物未熟土では土性からみて養水分の補給、保持が劣るために、平

均収量は低水準にあった。しかし、一部には高収畑もみられ、塩基類についても芽室や森の調査では下層まで土壤診断基準値内に入るものが20~30%はあり、これが生産性にみられる極低収畑から高収畑までという広範な出現頻度分布状況を反映しているものと推察された。

酸性褐色森林土の低生産性も火山性土と同様にCaOやMgO含量の低水準を反映した。同時に、図4に後述するような根張りに関係し、他土壤に比べて下層土のち密度が高いために根の伸長が浅くなり、低い肥沃度がより顕著に生産性に反映したと推測された。

以上のように本作物畑の土壤では人為的な肥培管理が生産性向上に寄与する例が、養水分供給力の乏しいと予想される土壤型でも相当みられ、各土壤型の特性に応じた土壤肥料の対応の必要性が示唆された。しかし、総体的にみると収量性の変動が大きく、未だ、その生産性は各土壤特性に支配されている面が確認された。

3. 根の分布と土壤物理性

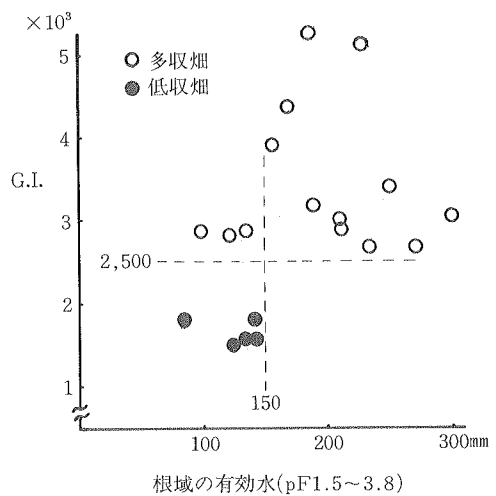
これまで、アスパラガスの収量性と土壤化学性の関係を主体的に検討してきたが、本作物のように深根性のものは、当然、土壤物理性とのかかわりが深いことが推定される。そこで物理性との関係をみると既報¹⁴⁾のように、有効根群域を制限する土層のち密度(山中式硬度計示度)は26~27であった。これを、根量の多い土層の三相分布比で調査し、その結果を表1に掲げた。三相比は土壤型によって異なるが、共通的には気相(pF1.5以下の粗孔隙)10~25%の範囲で根群はよく発達し

第1表 根群分布良好域の土壤三相組成

土壤型	pH1.5以下の粗孔隙	固相	液相
褐色低地土	10~25%	35~45%	39~50%
褐色火山性土	10~22	23~40	48~65
未熟火山性土	10~25	30~45	30~55
火山放出物未熟土	15~35	40~50	30~48
酸性褐色森林土	10~25	30~50	39~50
平均値	11~26	32~46	37~54

備考 根の深さは褐色低地土、褐色火山性土および未熟火山性土は平均75cm以上、他の2土壤は平均35cm以内。

た。なお、根域制限層の典型的な例は、酸性褐色森林土における気相10%以下の固相優位な下層土であり、一方で、火山放出物未熟土の気相35%以上を示す過剰孔隙(保水性低下)の場合に認められた。他の土壤型では物理性が直接的な原因で根域制限をうける例は少なかった。すなわち、酸性褐色森林土および火山放出物未熟土の低生産性要因のひとつは、生産の基礎的条件である根量確保が、土壤物理性により制限される頻度の高いことによる。更に、根域における有効水量(pF1.5~3.8)を根密度との割合で試算し、これを多収畑と低収畑でわけると図3となった。図から明らかのように、若茎生産性と密接な関係にある前年秋の茎葉生育量指数(GI)¹²⁾が2,000以下の低収畑の根域有効水量は約150mm以下と算出され、多収畑の有効水はこれを上回るものが多かった。



注) G.Iは平均草丈(cm)×畦1m当り総茎径(cm)

図3 茎葉生育量(G.I.)と有効水量

以上を要約すると、根の伸長抑制は①下層が堅密な(山中式硬度計26~27)酸性褐色森林土と②過剰孔隙(35%以上)による保水性低下が原因となる火山放出物未熟土で認められた。一方、根群は各土壤型を通して、pF1.5以下の粗孔隙10~25%の範囲でよく発達しているため、特に前2者の土壤では化学性の改善を前提としながら、適切な粗孔隙を維持する物理性改善技術の導入が必要と考えられた。その結果として根域の有効水量はpF1.5~3.8の間で多収畑水準の150mm程度以上は確保しようと推察された。

4. 土層断面における根の分布と土壌化学性との関係

これまで従来の一般的な土壌調査法による結果を用いて、アスパラガスの生産性を土壌毎に理化学性両面から検討した。その総括的な結論として、①本作物でも他作物と同様に人為的な肥培管理技術の導入によって高収量を確保しうる可能性が示唆された。②しかしながら、依然として、各土壌型の理化学性の特質が色濃く残されており、これを反映して土壌型と生産性の間に密接な関係が認められた。

さて、本作物は既述のように耐低塩基性は強いが、耐 Al 性が弱いという特性¹⁵⁾をもっているため、可溶性 Al を中心にした土壌改良法の検討が必要と思われる。つまり、化学性の改善を中心に考えれば、根の発達を阻害する Al の活性を抑制するための磷酸資材の導入や酸度矯正資材施用が必要であり、この場合に、どの土壌型のどの土層が対象になるか解析しておくことが大切である。こうした観点から本章では、従来土壌調査よりも土層を細分化して検討を加えた。得られた資料のうち、層位別の根量割合と化学性は表 2 に、ま

第 2 表 層位別の根量割合と化学性

土壌型・場所	層位	根量割合 %	pH	Truog P ₂ O ₅ mg/100 g	塩基飽和度 %	可溶性 Al mg/100 g	塩基置 換容量 mℓ/100 g
1. 酸性褐色森林土 (小樽市・塩谷) 9年目	1	4.4	4.9	61.4	35.1	162	24.9
	2	60.5	5.3	31.0	44.0	156	23.9
	3	29.0	5.4	17.7	43.8	201	22.5
	4	6.1	5.1	8.4	26.3	411	16.1
2. 褐色低地土 (上湧別) 9年目	1	3.5	5.3	82.7	72.2	67	24.2
	2	39.0	5.4	73.6	78.0	67	23.5
	3	34.6	5.6	20.1	79.5	75	19.0
	4	22.9	5.6	11.0	78.7	74	12.6
3. 黑色火山性土 (乙部) 20年目	1	6.9	6.0	82.6	74.9	299	23.5
	2	68.8	5.7	81.0	62.4	363	23.8
	3	19.9	5.1	16.5	35.8	726	32.9
	4	4.4	4.6	4.4	12.4	980	33.5
4. 酸性褐色森林土 (中富良野) 7年目	1	1.4	4.9	42.3	64.6	95	22.1
	2	41.8	5.3	19.2	66.7	99	22.8
	3	40.6	5.7	9.6	77.8	81	17.5
	4	16.2	5.1	4.5	78.1	57	15.1
5. 褐色火山性土 (留寿都) 15年目	1	17.3	5.2	41.7	40.7	275	17.5
	2	39.7	5.3	36.5	45.8	260	19.3
	3	31.6	5.5	22.6	58.0	274	18.0
	4	11.4	5.6	15.9	50.0	357	20.6
6. 酸性褐色森林土 (富良野) 10年目	1	2.5	6.2	98.0	118.1	56	10.0
	2	28.3	5.8	74.6	93.7	60	10.1
	3	37.9	5.5	33.5	75.5	74	9.6
	4	31.3	5.1	9.0	52.5	150	9.4
7. 未熟火山性土 (伊達) 8年目	1	2.3	5.7	71.8	81.0	71	9.6
	2	38.9	5.7	73.5	69.6	60	10.7
	3	37.3	5.7	53.5	63.6	45	12.9
	4	21.5	5.9	24.4	83.8	92	14.4
8. 未熟火山性土 (夕張) 15年目	1	7.0	5.8	107.3	60.8	70	6.0
	2	27.9	5.6	81.0	60.6	72	5.1
	3	39.2	5.4	64.2	51.3	169	10.6
	4	25.9	5.3	27.7	22.4	254	14.6

注) 1層0~10cm, 2層10~20cm, 3層20~30cm, 4層30~40cmの深さ。

た断面からみた層位別の根分布量の1例を図4に示した。

なお、調査地点の土壌は物理的条件をできるだけ均質化するため、粗孔隙10~25%の畑を対象とした。

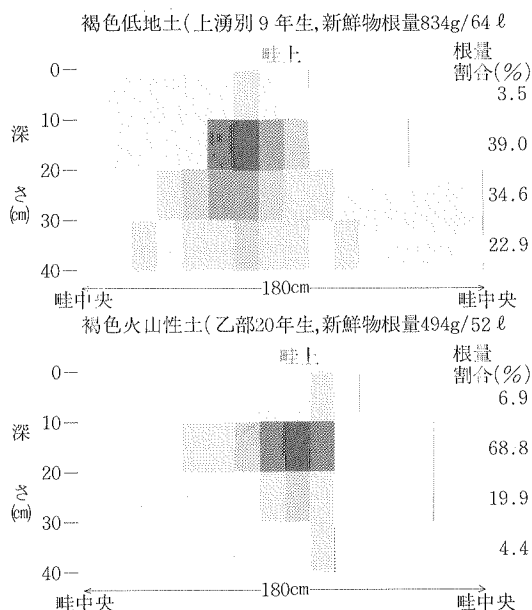


図4 層位別の根分布量(1980年)

(1) Truog P₂O₅と層位別根量比との関係

調査畑における Truog P₂O₅を層位別にみると上層から下層へと少なくなった。1層(0~10cm)は40~110 mgと高水準にあるが、本層は殆んどが根量10%以下のため、表2および図4のように、燐酸肥沃度と根張りの相互関係は認められなかった。2層(10~20cm)と3層(20~30cm)における Truog P₂O₅と根量比との関係を見ると、2層の根分布比が高い場合と2、3層の分布比にあまり差がない場合に大別され、根量の確保には2、3層の等しい根分布が適切と思われる。この場合前者は3層の Truog P₂O₅が約20 mg 以下であり、後者でも、3層の Truog P₂O₅が20 mg 程度以上の適当な燐酸肥沃度を示す例と2、3層ともに Truog P₂O₅が20 mg 以下で燐酸肥沃度の劣るケースが認められた。4層は当然のことながら、Truog P₂O₅10 mg 以下に減少する例が多かった。結局、根分布は2、3層における燐酸肥沃度の割合が等しい方がよく、その値は土壌診断基準値¹⁷⁾内の Truog P₂O₅20 mg 程度以上が有効と推察された。

(2) 塩基飽和度と層位別根量比との関係

つぎに、塩基飽和度は燐酸のように上層から下層へと減少するだけではなく、反対に下層の方が高い例、あるいは上下層の変異の小さい例などは場間の変異が認められた。

再び、表2により塩基飽和度と根分布比の関係をみると、塩基飽和度50%以上では根分布が良好であり、4層(30~40cm)のような下層でも同様の傾向が認められた。しかし、塩基飽和度と根群分布比の間には必ずしも単純相関が成立せず、Truog P₂O₅や低pH条件下で活性化する可溶性Alの量なども関係し、塩基飽和度がかかなり低くても燐酸肥沃度が高く、根の伸長を阻害する可溶性Alが比較的少ない伊達や夕張の未熟火山性土では下層の根分布は割合に高かった。

(3) 化学性の相互関係と根分布

前述のように、根の伸長に関する化学性は単純ではなく、土壌型によって①根伸長を阻害する可溶性Alの活性を抑制し、熟化を促進する燐酸や塩基の働きを期待する場合や、②塩基が主体に要求されるケースが予想される。そこで、層位毎の化学的要因と根量との関係を表3に示した。これから明らかなように、根量と Truog P₂O₅および塩基飽和度の間では各土層ともに正の相関傾向を示し3、4層の可溶性Alとは負の相関関係を示した。したがって、2層以下の土壌化学性を改善し、根伸長を阻害する可溶性Alの活性を抑制すれば、下層の根分布比増加は充分に可能と推測された。

第3表 層位別の根量割合と化学性との関係

層位 (深さ)	各要因と根分布割合との相関		
	Truog P ₂ O ₅	塩基飽和度	可溶性Al
1層 0~10cm	0.297	0.512	0.704*
2層 10~20cm	0.186	0.486	0.746*
3層 20~30cm	0.418	0.747*	-0.896**
4層 30~40cm	0.442	0.434	-0.714*

注) 調査点数は各層とも8地点

さて、本作物におけるAlを中心にした検討は現状では不十分であり、可溶性Al水準と燐酸や塩基類の相互関係が根の伸長におよぼす影響は今後の課題とし、さし当りAl以外の他の要因と根分布比の関係をまとめると、つぎのようになった。

1) 1層の根分布はおおむね10%以下と少ないため土壌肥沃度との関係は明瞭でなかった。2) 2層から3層の根分布比は70~80%となり、磷酸肥沃度では $\text{Truog P}_2\text{O}_5$ 20 mg 程度以上、塩基飽和度50%程度で根の分布は良好となった。3) 4層の根分布比は4~30%と変異が大きいが、本層でも上の2~3層の根量が多いときには15~20%の分布を示した。

(3) 根の横への広がり と 土壌化学性

根の横への広がり と 肥沃度 と の 関係 は 表 4 に 示

した。まず、 $\text{Truog P}_2\text{O}_5$ は根の密度が高い根株付近よりも根量の低下する畦間中心の方が多くっていた。これは施肥が畦間中央に継続してきた結果を示唆し、塩基飽和度でも同様の傾向を示した。これとは逆に磷酸と負の関係にある可溶性 Al は畦間の方が低い傾向にあった。このように、施肥位置と磷酸蓄積量などの間には一定の傾向が認められたが、根分布比(表示していない)の間ではこうした傾向は認められなかった。

根の横張に関する特徴的な例は、表4の酸性褐

第 4 表 層位別にみた畦間と根株域の化学性の相違

土壌型・場所	採土層	$\text{Truog P}_2\text{O}_5$ mg/100 g		塩基飽和度 %		可溶性 Al mg/100 g	
		畦間	根株	畦間	根株	畦間	根株
1. 酸性褐色森林土 (小樽市・塩谷)	1	63	54	41	26	166	191
	2	36	29	57	35	148	161
	3	22	12	53	29	191	228
	4	8	7	28	25	369	458
2. 褐色低地土 (上湧別)	1	124	42	75	71	62	73
	2	128	31	71	81	64	64
	3	30	12	67	81	79	72
	4	23	8	78	65	83	79
3. 黒色火山性土 (乙部)	1	95	28	85	61	300	335
	2	95	14	85	52	304	436
	3	36	4	46	23	537	950
	4	5	4	10	9	915	1,058
4. 酸性褐色森林土 (中富良野)	1	50	32	63	67	95	92
	2	50	14	61	75	106	94
	3	20	5	65	82	104	65
	4	5	4	65	89	58	55
5. 褐色火山性土 (留寿都)	1	47	35	35	53	205	199
	2	60	24	41	61	195	189
	3	26	26	55	61	299	323
	4	14	17	54	46	365	289
6. 酸性褐色森林土 (富良野)	1	161	73	140	100	52	59
	2	124	37	116	79	55	60
	3	57	21	88	86	89	63
	4	13	5	41	57	150	128
7. 未熟火山性土 (伊達)	1	79	56	78	74	71	70
	2	124	42	70	78	67	54
	3	52	51	58	72	53	39
	4	14	34	73	96	92	91
8. 未熟火山性土 (夕張)	1	132	70	68	42	79	67
	2	122	32	74	37	55	101
	3	141	6	29	75	69	270
	4	68	6	21	54	166	263

注： 1層0~10cm, 2層10~20cm, 3層20~30cm, 4層30~40cmの深さ。

色森林土 (No. 1) と黒色火山性土 (No. 3) にみられた。すなわち、両土壤はともに根株付近の2層以下は $\text{Truog P}_2\text{O}_5$ および塩基飽和度が低水準にあり、畦中央では適正値内であった。したがって、両土壤ともに根の横への広がりが期待されるにもかかわらず、No. 3 の場合は横張りが不良であった。両土壤の特徴的な相異は可溶性 Al 量で、No. 3 の方が明らかに高い値を示した。つまり、No. 1 の畑では畦間中央の肥沃度が高まることによって、ある程度、根の横張りを期待できるが、No. 3 のような根株付近の肥沃度が劣り、かつ可溶性 Al のような根の伸長阻害成分が極端に多い時には、根株付近の肥沃度を高めない限り根の発達は期待しえないと推測された。その意味でも新植時の植溝処理⁹⁾は重要な意味をもつといえよう。

(4) 生産性と根分布

根中の貯蔵物質質量によって収量が左右されるアスパラガスでは、根量の確保が極めて重要である。これまでの結果から、土壤型と生産性の間には密接な相互関係が認められ、土壤の理化学性が根の伸長、発達に関与していた。一方、根分布比と根量との関係は必ずしも同一の傾向を示さないが、表2のなかから1, 2の具体例でみると、表示していないが、2~3層(10~30cm)の土壤の化学性がよくて根分布比が等しい褐色低地土(上湧別 No. 2)の収量は850kg/10a、新鮮物根量835g/64ℓであり、3層(20~30cm)の化学性が劣悪で根分布比が劣る黒色火山性土(乙部 No. 3)の収量は550kg/10a、根量は495g/52ℓで明らかに2~3層の根分布比が等しい前者の収量がまさった。すなわち、十分な根量確保には少なくとも2~3層位までの肥培管理が必要と結論できよう。

考 察

一般に、作物の生産性とその基盤をなす土壤との関係は地力とか土地生産力とかいう抽象的な表現が多かった。こうした表現は生産性が土壤の自然肥沃度に支配されてきた長い農業歴史に由来するものであろう。しかし、今日では人為的な肥培管理技術の向上が顕著であり、土壤特性に適した合理的な土壤改良や施肥管理により、一定水準の生産性は各土壤型で確保しうる現況にあると考えられる。

さて、土壤型と生産性の関係は作物の根域特性

で異なり、例えば、浅根性の牧草は表土0~5cmの極表層に根量の50~90%を占める⁹⁾のに対し、深根性のアスパラガスは表層下10~30cmに主根群をもつため、当然両者では対象となる肥培管理層が異なるものと推定される。すなわち、深根性作物は普通作物より下層土との関係が密であり、下層土のもつ役割が大きく、その生産性は下層土の肥沃度の良否によって左右されるといっても過言ではない。こうしてみると、深根性のアスパラガスの生産性は、土壤の物理的阻害因子による深層への根伸長の良否と、同時に下層土肥培が充分でないほど土壤型との関係が大きいと推定された。事実、図1のように生産性と土壤型との間に明瞭な関係が認められ、生産性の高い順に示すと、褐色低地土(沖積土)、褐色火山性土(ローム質火山性土)、未熟火山性土、火山放出物未熟土および酸性褐色森林土(洪積土)となった。つまり、本作物の根群域は時に下層1mにも及ぶが、その主体的な吸肥活動は根の分布比からみて10~30cmの部位の土層肥沃度が生産性に強く関与しているときみなされた。これが営農側に十分に認識されず、一般の浅根性作物に類似する表土部分への配慮のみが慣行化しているため、土壤の特質に強く影響された生産性を示したものと思われた。

一方、今日のような多肥集約農業下では、各種養分が土壤に過剰蓄積する傾向にあり、特に野菜畑では土壤の富栄養化がすすみ、タマネギ畑に代表されるような高リン酸($\text{Truog P}_2\text{O}_5$ 100mg以上)、高塩基(塩基飽和度100%以上)の土壤が出現する事例¹⁰⁾すらある。アスパラガスの多肥傾向も他作物と類似するが、既報¹²⁾のように土壤改良資材をとまわらない三要素の施肥に力点がおかれ、土改資材への配慮がないがしろにされている嫌いがあった。本作物畑におけるpHと塩基および塩基飽和度との関係は表5に示した。すなわち、本作物畑では各土壤ともにpHや塩基飽和度と塩基量の間には何れも高い正の相関関係が確認され、石灰含量がpHに主体的に関与していることが明瞭であった。結局、本畑では一般野菜畑でみられるような塩類集積は認められなかった。

さらに土壤物理性面では、深根性のかんきつの例から明らかなように優良園と不良園の決定的要因は有効土層が深いところであるとされ、その場合に置換性CaやMgが一定水準で保障されてい

第 5 表 塩基飽和度・置換性塩基類と pH との関係

土 壤 型	相 関 係 数					地 点 数
	置換性 CaO と pH	塩基飽和度と pH	CaO と塩基飽和度	K ₂ O と塩基飽和度	MgO と塩基飽和度	
褐色低地土	0.653**	0.616**	0.559**	0.145	0.119	13
褐色火山性土	0.804**	0.806*	0.801**	-0.004	0.133	7
未熟火山性土	0.248*	0.554**	0.460*	0.085	0.335**	20
火山放出物未熟土	0.142	0.588*	0.035	-0.033	-0.066	4
酸性褐色森林土	0.468**	0.404*	0.808**	0.144	0.637**	11

注) 相関係数は 1～3 層をこみにした (分析数=地点数×3 層)。

ることが、より一層根域を深めるとしている¹⁶⁾。同様にアスパラガスでも Dam²⁾は高生産畑条件として通気性や保水性のよい土壤での根の深いことをあげている。本調査結果でも、根域制限層のち密度は他作物の約20に比べて高く、山中式硬度計示度26～27であった。しかし根密度は粗孔隙 (pF1.5以下) 10～25%の範囲で高く、粗孔隙10%以下の層や逆に35%以上の過剰孔隙層では低くなった。故に、こうした根域制限層が表層部に出現せず、根域が深くて化学性が均質で一定レベルにあるとき根量が多くなり、多収畑としての条件が成立し得るものと思われる。加えて、今回は各土壤型の中で物理的な根域制限層が土層40cm以内に出現しないほ場を選定し、層位毎 (10cm毎) に根量と化学性を測定した結果、層位別の根分布比は1層 (0～10cm) の肥沃度とは明確な関係を示さず、2層 (10～20cm) 以下の肥沃度、特に有効態磷酸 (Truog P₂O₅)、塩基飽和度および可溶性 Al と密接な関係を持ち、2、3層の根分布比を高めるにはこの層を中心に、更にできれば4層 (30～40cm) 位まで土壤診断基準値¹⁷⁾に相当する Truog P₂O₅ や塩基含量の確保を図ることが望ましいと推察された。特に、火山性土等では可溶性 Al の活性を抑制する磷酸施肥あるいは pH5.5 以上の維持が必要と推定された。これを根の分布比でとらえると、2層と3層の根量を同等にし、4層の根量を約20%確保しうる状態であるといえよう。このうち、可溶性 Al との関係は田中ら¹⁵⁾によって指摘されているように、本作物が耐低 pH 性が強いにもかかわらず、耐 Al 性に弱い傾向は根分布の状況からも確認された。一般に、可溶性 Al は高橋¹¹⁾の示唆するように、磷酸の施用つまり熟畑化の進む過程で減少していくものであるから、充分な肥培管理がなされていない下層ほど Al の害作用が強い

と予想された。

一方、図 5 に、本作物畑の化学性と土層断面の根量を模式的に示した。すなわち、本畑では土壤特性や施肥位置などが関与し、Truog P₂O₅ や塩基類は縦に表層から下層へと減少し、逆に可溶性 Al は下層ほど高含量となった。また、横には Truog P₂O₅ で畦間中央が根株 (植溝) 付近より高かった。そこで、アスパラガス畑における土壤化学性の実態と根分布の関係を総括すると、表層を中心に高磷酸 (高加里も)、低塩基となっており、主根域の肥培管理不良と集約された。これはとりもなおさず、三要素中心の表層部肥培によって惹起された結果であり、本作物の永続的安定多収確保には、当面、積極的な土壤改良資材の導入と主根層 (土層位10～30cm) の肥培管理が重要であると考えられた。

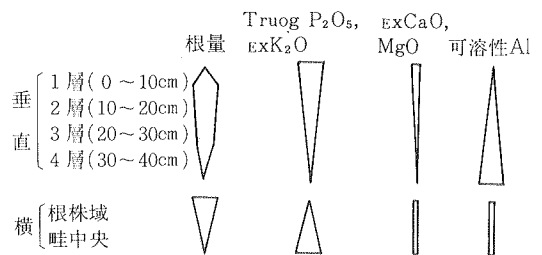


図 5 土層断面の根量と化学性(模式図)

以上のことから、アスパラガス畑土壤の理化学性と生産性の関係を総括し、表 6 に掲示した。まず、生産性の大小は土壤型によって大別しうることは可能で、既述のように生産性の高い方から褐色低地土、火山性土群および酸性褐色森林土の順に配列される。このうち、生産性すなわち根の伸長に関与する要因を整理すれば、物理的な適正基準は pF1.5 以下の粗孔隙10～25%となり、阻害要因

第6表 土壤型別の各要因からみた生産性と肥培管理の難易度

土 壤 型		褐色低地土	褐色火山性土	未熟火山性土	火山放出物 未 熟 土	酸性褐色森林土
正の要因	適 正 孔 隙	→	→	→	→	→
	Truog P ₂ O ₅ ・ 塩 基	→	→	→	→	→
負の要因	土 の 硬 さ	→	→	→	→	→
	過 剰 孔 隙	→	→	→	→	→
	Pの吸着固定 ・ 可溶性Al	→	→	→	→	→
肥培管理の難易度		易	や や 易	中	中 ~ 難	難
生 産 性		大	や や 大	大 ~ 中	大 ~ 小	小

注) 1. 生産性へプラスに作用するものを正の要因、マイナスに働くものを負の要因とした。
2. 各要因のうち、調査結果から確認された場合は→、逆の場合は←で表示した。

をもつ土壤として、下層土のち密度（山中式硬度計26~27）の高い酸性褐色森林土、同様に下層土の過剰孔隙（35%以上）をもつ火山放出物未熟土があげられる。一方、化学性からは本作物の特性として、根伸長を抑制する可溶性Alの存在とAlを抑える燐酸および塩基類の供給に要約できる。可溶性Alの潜在的な害作用が予測される土壤は火山性土群と酸性褐色森林土である。更に、根伸長阻害要因のなかで、土壤理化学性との関係についてみると、火山性土群は物理性要因に比べて化学性要因が優先し、酸性褐色森林土では逆に物理的要因がより強く影響するものとみなされる。これらの結果により、褐色低地土以外の土壤型では明らかに理化学性の面で生産阻害要因をもっているということである。しかし現在の肥培管理技術のもとでは、いづれも対応は可能であり、問題は本作物の根伸長特性と土壤特性の相互関係を適切に把握し、技術対応策を確立するのが当面の主要な課題である。

引 用 文 献

- 1) 番場宏治, 大久保隆弘, "畑作物の根系分布と収量の相互関係, 第2報, 畑水稻および陸稲の根系分布に対するマルチ資材, 播種期および栽植密度の影響", 日作紀, 49(2), 184—190 (1980).
- 2) Dam, J.G.C. Van., "Investigations on the suitability of soils for asparagus growing". Hort. Abstr. 46(6), 498 (1976).
- 3) 土壤養分測定法委員会編, "土壤養分分析法" 養賢

堂, 東京, 1970.

- 4) 北海道土壤分類委員会編, "北海道の農牧地土壤分類第2次案", 北海道立農試資料 10, 1—78, (1979).
- 5) 北海道立農業試験場編, "総合助成試験成績書, アスパラガス畑の土壤改良による永続多収技術の確立に関する試験 (55年度)", 1981.
- 6) 菊地晃二, "十勝地方における土壤類型区分図とその土壤改良対策への応用", 北海道立十勝農業試験場, 1980. 118p. (北海道立農試報告第34号).
- 7) 中山利彦, "北海道における水田土壤の特質とその生産性に関する研究", 北海道立農業試験場, 1968. 81p. (北海道立農試報告第16号).
- 8) 奥村純一, "天北地方に分布する各種土壤とそれに対応する草地造成, 管理の基本方式", 北海道立天北農業試験場, 1973. 107p. (北海道立農試報告第22号).
- 9) 佐藤辰四郎, "根圏土壤の化学性と牧草生育", 北海道土壤肥料通信, 第21回シンポジウム特集号, 23—32 (1975).
- 10) 相馬 暁, 多賀辰義, 石井忠雄, 平井義孝, 岩瀨晴郎, "北海道・道央地区における野菜栽培土壤の実態とその問題点", 北海道立農試集報44, 25—36 (1980).
- 11) 高橋達見 "火山灰土壤のアルミニウム1. 熟化化過程における土壤の物理的および化学的性質の変化" 九州農試彙報, 10 (3, 4) 205—246 (1965).
- 12) 多賀辰義, "北海道におけるアスパラガス栽培上の諸問題, IV. アスパラガス畑の土壤実態と肥培管理" 北農, 47(2), 12—23 (1980).
- 13) 多賀辰義, 岩瀨晴郎, 山吹一芳, 佐藤滋樹, "アス

- パラガスの生産性に及ぼす環境要因の解析,1,若茎
収穫期間の長短と貯蔵根中の炭水化物濃度及び取
量”. 北海道立農試集報, **43**, 63—71 (1980).
- 14) 多賀辰義, 関口久雄, 岩淵晴郎, “アスパラガスの
生産性と土壌型との関係”. 北農, **48**(7), 1—23
(1981).
- 15) 田中 明, 早川嘉彦, “耐酸性の作物種間差第 2 報
耐 Al 性および耐 Mn 性の種間差—比較植物栄養
に関する研究—”. 土肥誌, **46**, 19—25 (1975).
- 16) 辻元 正, 岡橋主税, 和田光男, 水田昌宏, “かん
きつに対する土壌的適地基準の確立に関する調査
研究”. 奈良県農試報告, **1**, 96—104 (1967).
参考資料
- 17) 土壌および作物栄養の診断基準 (北海道農業試験
会議「指導参考事項」), 1981.

Analysis of Cultivation Environments on the Growth of Asparagus

2. The relation between productivity and the property
of soil, especially the effect of soil
fertility on root distribution

Tatsuyoshi TAGA, Hishao SEKIGUCHI, and
Haruo IWABUCHI

Summary

The present investigative studies for asparagus deals with the relationship between productivity and the property of soils. Productivity for asparagus varies depending on soils. It decreases in steps from high to low, in the following order: brown lowland soil, brown andosol, regosolic andosol, volcanogenous regosol, and acid forest soil.

Although asparagus roots were less in surface soil than in deeper layer soil (10 to 30cm), which has 70 to 80% of the roots; as fertilizer application on the surface did not adequately reach the root, the productivity was substantially influenced by the soil fertility itself. While the fertilizer application made the best use of the three elements N, P, and K, asparagus fields were markedly enriched with phosphorus and potassium, but were short of calcium and magnesium, and showed a tendency to acidity.

The results of the study of the relationship between root distribution and the chemical and physical properties for layers of soil are as follows:

1. The soil fertility did not show a relationship to root distribution in the 1st layer (0 to 10cm), but in the 2nd (10 to 20cm) and deeper ones.
2. The chemical levels necessary for maintaining a given amount of roots were: in over P_2O_5 , 20mg/100gm of Truog, a degree of saturation of over 50%.
3. The physical factors preventing root growth were handness (YAMANAKA handness meter 26-27) in acid forest soil and a reduction of water holding capacity in volcanogenous regosol with a macro pore rate of over 35%.
4. The root growth was best under porosity (below pF 1.5) of 10-25%.