

自然農法、有機農法、ハイブリッド農法、慣行農法でのリンゴ園土壌の生化学的特性の分析

Analysis of chemical and biological properties of apple orchard soils under natural, organic, hybrid, and conventional farming methods

○甲斐貴光*、久保 幹**

Takamitsu Kai*, and Motoki Kubo**

1. はじめに

日本のリンゴ栽培は、一般的に化学肥料や化学合成農薬を使用する管理システムで行われている。これらの管理システムは、効果的な土壌への栄養供給が可能となり、単位当たりの収穫量を増大させることができた。その反面、化学肥料の連用や過剰施肥、および化学合成農薬の散布は、地下水汚染、土壌団粒の減少や硬質化、土壌微生物の減少などを引き起こし、土壌環境や生態系が損なわれた。本研究では、青森県と長野県のリンゴ園で、自然農法（無肥料、無農薬）、有機農法（日本農林規格（JAS）の有機認証システムにより承認された有機肥料と農薬を使用）、ハイブリッド農法（有機肥料と化学肥料の併用、減農薬）、慣行農法の3箇所ずつ（合計12箇所）から土壌を採取し、土壌の生化学的特性を比較したので報告する。

2. 材料と方法

2019年7月に自然農法、有機農法、ハイブリッド農法、慣行農法で栽培されるリンゴ園

（フジ）12箇所から表層（地表面から数cm）の乾燥した部分を取り除き、最大深さ約15cmの攪乱土壌を採取した。攪乱土壌に含まれる落ち葉や根を除去し、2mmの篩をかけた後、土壌の生化学性の分析を行った。

土壌中のタンパク質などの窒素有機物は、土壌微生物によってタンパク質→ペプチド→アミノ酸と低分子化が進んだ後、アンモニア態窒素（ NH_4^+ ）→亜硝酸態窒素（ NO_2^- ）→硝酸態窒素（ NO_3^- ）と無機化されることが知られている。これらの過程で、アンモニア酸化活性（ $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$ ）、亜硝酸酸化活性（ $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ ）および細菌数を測定した。アンモニア酸化活性、亜硝酸酸化活性および細菌数の値から三角形のレーダーチャートで定量化し、土壌が持つ窒素有機物から硝酸態窒素に変換する力を「窒素循環活性評価値」として評価した（図1）。三角形の面積が大きいほど土壌中の窒素循環が活発であることを示し、逆に三角形の面積が小さいほど細菌数が少なく、分解が進んでいないことを示す。また、植物がリン酸を吸収できるようになるには、

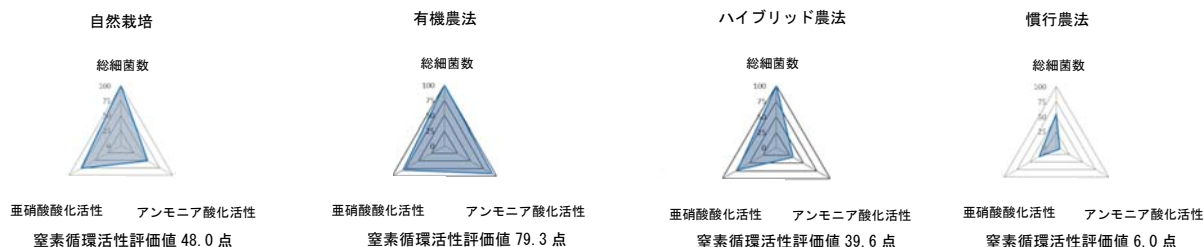


図1 平均の窒素循環活性を評価するレーダーチャート(n=3)

*明治大学黒川農場、**立命館大学生命科学部、*Kurokawa Field Science Center, Meiji University、**Faculty of Life Science, Ritsumeikan University; キーワード：リンゴ、土壌微生物、物質循環、環境保全

フィチン酸（有機態リン酸）からリン酸への分解される必要がある（フィチン酸分解活性）。そこで、フィチン酸と呼ばれる有機態リン酸を変換する力を「リン循環活性評価値」として評価した。

3. 結果

有機農法で栽培されたリンゴ園土壌中の全炭素（TC）、全窒素（TN）、全リン（TP）、硝酸態窒素（NO₃-N）、可給態リン酸（SP）の含有量や、総細菌数、窒素循環活性評価値、リン循環活性評価値は、他の農法で栽培された土壌と比較して大きかった（表1）。また、平均した窒素循環活性評価値（図1）とリン循環活性評価値（図2）は、有機農法で最も大きく、慣行農法で最も小さかった。さらに、リンゴ果実の糖度、酸度、糖酸度比を分析した（表2）。その結果、糖度は有機農法の果実で最も高かったが、他の農法と比較して有意差はなかった。一方、酸度はハイブリッド農法で最も高かった。ハイブリッド農法と、自然栽培および有機農法との間に有意差が認められた。糖酸度比では、自然農法と有機農法

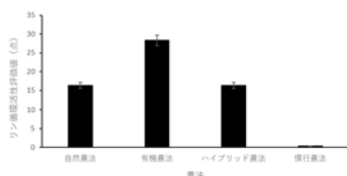


図2 平均のリン循環活性評価値(n=3)

表1 自然農法、有機農法、ハイブリッド農法、慣行農法の土壌分析結果

No	処理区	TC (mg·kg ⁻¹)	TN (mg·kg ⁻¹)	TP (mg·kg ⁻¹)	TK (mg·kg ⁻¹)	C/N ratio	NO ₃ ⁻ -N (mg·kg ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N (mg·kg ⁻¹)	SP (mg·kg ⁻¹)	SK (mg·kg ⁻¹)	pH	EC (mS·cm ⁻¹)	総細菌数 (億個·g ⁻¹)	窒素循環 活性評価 値(点)	リン循環 活性評価 値(点)
1	自然農法	22,270	1,340	1,060	6,830	16.6	6	5	327	2,120	6.2	0.31	2.6	22	10
2	自然農法	26,050	1,440	1,240	1,820	18.1	8	0	46	87	6.1	0.12	10.0	47	16
3	自然農法	78,210	3,240	2,500	8,110	24.1	18	2	495	1,890	6.7	0.22	7.5	75	23
4	有機農法	143,700	12,310	24,280	2,590	11.7	64	3	13,017	1,436	7.1	1.09	7.6	100	40
5	有機農法	31,290	2,190	7,340	5,130	14.3	17	1	2,196	1,457	7.4	0.29	4.5	39	29
6	有機農法	55,460	3,300	6,820	4,530	16.8	37	1	2,300	1,116	6.9	0.38	12.4	99	16
7	ハイブリッド農法	21,600	690	3,400	10,800	31.3	0	2	10	29	6.5	0.10	6.6	48	1
8	ハイブリッド農法	58,300	2,600	11,300	14,500	22.4	9	1	81	156	7.3	0.10	7.2	30	16
9	ハイブリッド農法	42,300	1,600	3,400	4,700	26.4	0	0	52	62	6.8	0.10	4.8	41	32
10	慣行農法	28,740	2,030	1,070	7,050	14.2	6	25	66	2,100	5.4	0.38	1.8	7	0
11	慣行農法	49,490	3,070	2,360	8,390	16.1	7	20	1,234	1,075	6.4	0.36	3.0	10	1
12	慣行農法	41,080	2,500	1,310	7,060	16.4	9	3	914	1,502	7.0	0.46	5.1	1	0

がハイブリッド農法や慣行農法よりも有意に高かった。リンゴ果実は、糖度 $\geq 14\%$ 、酸度 0.4% 、糖酸度比 $30\sim 40$ のときに最も美味しいと言われている（青森県，2014）。有機農法で栽培された果実は、推奨される「おいしい」の条件に最も近いことがわかった。

表2 糖度、酸度、糖酸度比

処理区	糖度 (Brix%)	酸度 (%)	糖酸度比
自然農法	12.7 ± 1.50 ^a	0.30 ± 0.15 ^b	42.3 ± 19.1 ^a
有機農法	13.7 ± 2.31 ^a	0.40 ± 0.31 ^b	34.3 ± 19.1 ^a
ハイブリッド農法	12.2 ± 1.33 ^a	1.02 ± 0.72 ^a	12.0 ± 21.1 ^b
慣行農法	12.4 ± 0.83 ^a	0.68 ± 0.20 ^{ab}	18.2 ± 7.79 ^b

^a値は平均値±標準偏差

^b異なる英小文字は処理区間のTukey-Kramerの多重比較検定で $p < 0.05$ で優位差あり (n=12-16)

4. 考察

リンゴ園土壌のTCとTNの含有量、C/N比、および細菌数の推奨値は、それぞれTC $\geq 25,000$ mg·kg⁻¹、TN $\geq 1,500$ mg·kg⁻¹、C/N比：10-25、細菌数4.5億個·g⁻¹と報告されている（久保ら，2017）。本研究では、有機農法が推奨値を充たしていたが、自然農法、ハイブリッド農法、慣行農法のリンゴ園土壌では不足していた。これらのことから、有機農法で栽培されるリンゴ園土壌は、窒素循環およびリン循環が活発であることがわかった。また、リンゴ果実の糖度、酸度、糖酸度比の違いは、農法による土壌条件の違いによるものであることが示唆された。

謝辞 本研究はJSPS 科研費JP19K15937の助成を受けたものです。