

土壌と肥料の違いがホウレンソウの生育および品質に及ぼす影響

廣田智子*・永井耕介**・福嶋 昭*・井上喜正*

要 約

有機物を連用した土壌と有機物無施用の土壌を圃場から採取し、それぞれ有機質肥料、化成肥料を施用してプランター内でホウレンソウを栽培し、土壌と肥料の違いが生育および品質に及ぼす影響について調査した。

- 1 有機質肥料区は有機質土壌の割合が高いほど、草丈、重量が大きかった。化成肥料区はいずれの土壌においてもほぼ一定の草丈、重量を保った。無肥料区は施肥区に比べて草丈、重量が小さかった。
- 2 有機質肥料区は化成肥料区に比べて硝酸態窒素含量、遊離アミノ酸含量が低く、アスコルビン酸含量、糖含量が高い傾向がみられた。
- 3 官能評価において、有機質肥料区は化成肥料区に比べて、甘味が強く、えぐ味が弱いと評価された。

Effects of Soil and Fertilizer on Growth and Quality in Spinach (*Spinacia oleracea* L.)

Tomoko HIROTA, Kousuke NAGAI, Akira FUKUSHIMA and Yoshinobu INOUE

Summary

Spinach plants were cultivated with organic matter applied-soil or not applied-soil combined with organic fertilizer or compound fertilizer in pots, and the effects of soil and fertilizer on growth and quality were investigated.

- (1) Growth (plant height and fresh weight) of spinach plants cultivated with organic fertilizer was greater with an increase of applied organic soil. With compound fertilizer, the difference in growth among the soil types was not readily observed.
- (2) Nitrate nitrogen and free amino acid contents were lower and ascorbic acid and sugar contents were higher when using organic fertilizer compared with compound fertilizer.
- (3) Panelists rated boiled spinach cultivated with organic fertilizer as sweeter and less acrid than that with compound fertilizer.

キーワード：有機物連用土壌，有機質肥料，ホウレンソウ，生育，品質

緒 言

健康志向など消費者ニーズの多様化や環境保全型農業の高まりとともに、有機農産物への関心は高まってきている¹⁾。有機農産物については、1992年に「有機農産物及び特別栽培農産物に係る表示ガイドライン」が作られたが、表示への消費者の信頼性、国際的整合性への配慮などから、改正 JAS 法が制定され、新たに有機食品の検査・認証制度が導入されることになり、2001年4月より有機農産物の表示制度が法律によって規制されるよう

になった²⁾。今後、有機農産物はより一般的に認知されるとともに、購買における重要な選択要因になっていくと考えられる。

改正 JAS 法において有機農産物は、「化学的に合成された肥料および農薬の使用を避けることを基本として、播種または植付け前2年以上（多年生作物にあっては、最初の収穫前3年以上）の間、堆肥等による土づくりを行ったほ場において生産された農産物」と定義されている³⁾。このように、ひとくちに有機農産物の栽培といっても、有機物（肥料を含め）の種類や量の組み合わせにより無数に存在する。一方、化学肥料の施用を基本とした慣行栽培についても、肥料の種類や量、施用時期等選

2001年8月30日受理

* 北部農業技術センター ** 中央農業技術センター

択枝は多く、堆肥等の有機物施用の有無やその量も自由に組み合わせることができる。すなわち、いずれの栽培法においても、「標準」はないと考えることもできる。また、有機栽培と慣行栽培の比較において、野菜の供試品種や栽培環境による反応性の違いも否定できない²⁾。著者らもこれまで県内で栽培されている数種の有機農産物の品質調査を行ったが、同一環境下での比較対照となる慣行栽培農産物を採集することができず、有機農産物の品質の優劣についての結論は得られていない。

そこで、土壌と肥料のみの影響について検討するため、有機物を5年間連用した土壌と有機物無施用の土壌を圃場から採取し、それぞれ有機質肥料、化成肥料、無肥料の試験区を設けてプランター内でハウレンソウを栽培し、生育と品質について調査した。なお、有機農産物には無農薬と有機物施用のふたつの側面があるが、本試験では全て無農薬とし、有機物施用に係わる部分を対象とした。

材料及び方法

1 土壌・肥料の種類と試験区の構成

土壌は、兵庫県立北部農業技術センター場内の圃場から、有機物(場内で作成したオガクズ入り牛ふん堆肥、全窒素量0.74%、毎年10t/10a)を5年間連用した土壌、有機物無施用の土壌をそれぞれ採取し、有機質土壌(有機物連用土壌のみ)、1/2有機質土壌(有機物連用土壌:有機物無施用土壌=1:1)、慣行土壌(有機物無施用土壌のみ)の3種類の土壌に調整した。

肥料は、有機質肥料(みんなユーキベレット744, N:P₂O₅:K₂O=7:4:4)と化成肥料(磷硝安加里S604, N:P₂O₅:K₂O=16:10:14)を用いた。

試験区は、3種類の土壌に有機質肥料、化成肥料、無肥料の3区を組み合わせ、(1)有機質土壌・有機質肥料区、(2)有機質土壌・化成肥料区、(3)有機質土壌・無肥料区、(4)1/2有機質土壌・有機質肥料区、(5)1/2有機質土壌・化成肥料区、(6)1/2有機質土壌・無肥料区、(7)慣行土壌・有機質肥料区、(8)慣行土壌・化成肥料区、(9)慣行土壌・無肥料区の9区とした。

3種類の土壌をそれぞれプランター(縦60cm、横17.2cm)に10リットルずつ入れ、有機質肥料と化成肥料の施肥量は窒素含量として10kg/10aとなるようにし、全量基肥とした。1試験区あたりプランターは2反復取った。

2 供試材料および栽培方法

供試材料には、ハウレンソウ‘アトラス’を用い、2000年10月10日にプランター内にちどり2条植えて播種し、本葉2、3葉期に1プランターにつき20株になるように間引き調整した。栽培はガラス温室内で行い、土壌が乾

いた時に水やりを行う程度とした。追肥、農薬散布は行わなかった。収穫は、試験区の半数以上が草丈25cmに達した12月14日に行い、各試験区40株ずつ収穫した。

3 測定・分析方法

生育量および外観品質(長さ、重量、色調)は、各試験区10株について調査した。葉長、葉幅、1葉重、葉身厚、葉柄厚および葉身の色調については、各株の最も大きな葉について調査した。葉身の色調は、分光式色差計(日本電色工業製SE-2000型)を用いて、ハンター表色法のL値(明度)、a値(緑色度(-)~赤色度(+))、b値(青色度(-)~黄色度(+))、L×b/|a|値(黄化度)について測定した。黄化度は、値が低いほど緑色が濃く、値が高いほど黄化程度が強まることを示す。

生育量および外観品質を調査した後、水分含量、硝酸態窒素含量、還元型アスコルビン酸含量については収穫日当日(12月14日)に部位別(葉身部・葉柄部)に測定した。遊離アミノ酸含量、糖含量については-25℃で1か月間保存したサンプルについて部位別に測定した。測定は2回の反復を取った。

水分含量は105℃8時間乾燥した後測定した。硝酸態窒素含量はRQflex(MERCK製)を用いて測定した。還元型アスコルビン酸含量は、5%メタリン酸で抽出後、ビタミンC計(東亜電波工業製)を用いて測定した。

糖と遊離アミノ酸の分析は以下の方法で行った。凍結サンプルを80%エタノール中で磨砕し、残さは2回抽出した。得られた抽出液をサンプル液とした。

糖(果糖、ブドウ糖、ショ糖)は、サンプル液をメンブレンフィルター(0.45μ)に通した後、分離カラムに島津Shim-Pack CLC-NH₂(6×150mm)を用い、アセトニトリル:水:メタノール(75:15:10)を移動相とした高速液体クロマトグラフ(島津LC-9A型)で分離し、示差屈折計(島津RID-6A型)で定量した。

遊離アミノ酸は、サンプル液をニンヒドリンと反応させた後、分光光度計(日本分光工業製UVIDEC-610C型)を用いて570nmの吸光値を測定し、グルタミン酸含量で換算した。

官能評価は、収穫日当日に草姿と食味について行った。草姿は、色沢、外観について評価を行った。食味は、サンプルを沸騰湯中で3分間ブランチングし、水冷・水切りした後、葉身部と葉柄部に分けて評価を行った。色沢、外観については5(よい)~1(悪い)までの5段階評価で、硬さ、甘味、えぐ味については5(強い)~1(弱い)までの5段階評価でそれぞれ行った。パネリストは職員7名とした。慣行土壌・無肥料区については、サンプルが少量のため食味の官能評価は行わなかった。

生育量と外観品質のデータは二元分散分析により統計処理した。成分含量と官能評価のデータについては、慣行土壌・無肥料区のサンプルが少量のためデータ数がそろわず統計処理は行わなかった。

結 果

1 土壌と肥料の違いが生育量および外観品質に及ぼす影響

土壌と肥料の違いがホウレンソウの生育量および外観品質に及ぼす影響を表1に示した。草丈、重量（地上部重、地下部重）は、有機質土壌・有機質肥料区が最も大きく、有機質肥料区では有機質土壌の割合が高いほど大きかった。化成肥料区ではいずれの土壌区においても草丈25cm前後のものが得られたが、土壌の違いによる草丈、重量の一定の傾向はみられなかった。無肥料区では他の施肥区に比べて草丈、重量が小さく、慣行土壌・無肥料区で最も草丈、重量が小さかった。

葉数は慣行土壌・無肥料区が少なく、その他の試験区では8.5~9.8枚でほぼ一定であった。

葉身の色調は、有機質肥料区では有機質土壌の割合が低いほど葉の黄化度が高かった。化成肥料区では土壌の種類に関係なく葉の緑色は濃く一定であった。無肥料区では他の施肥区に比べて葉の黄化度が高く、慣行土壌・無肥料区で最も葉の黄化度が高かった。

2 土壌と肥料の違いが成分含量に及ぼす影響

土壌と肥料の違いがホウレンソウの葉身部および葉柄部の成分含量に及ぼす影響をそれぞれ表2、表3に示した。

水分含量は、葉身部より葉柄部の方が高かった。有機質肥料区と化成肥料区では、葉身部、葉柄部ともに土壌の種類に関係なく水分含量はほぼ一定であった。無肥料区では他の施肥区に比べて水分含量が低く、有機質土壌の割合が低いほど水分含量は低くなった。

硝酸態窒素含量は、葉身部よりも葉柄部の方が高かった。有機質肥料区では化成肥料区に比べて硝酸態窒素含量が低く、有機質土壌の割合が低いほど硝酸態窒素含量が低くなった。化成肥料区では他の肥料区に比べて硝酸態窒素含量が高く、土壌の種類に関係なくほぼ一定であった。無肥料区では他の施肥区に比べて硝酸態窒素含量は著しく低かった。

葉身部のアスコルビン酸含量は、土壌の種類に関係なく無肥料区>有機質肥料区>化成肥料区の順に高かった。

遊離アミノ酸含量は、葉柄部より葉身部の方が高かった。遊離アミノ酸含量は、化成肥料区>有機質肥料区>無肥料区の順に高かった。有機質肥料区の葉身部と化成

肥料区（葉身部、葉柄部）では、土壌の種類に関係なくほぼ一定であった。無肥料（葉身部、葉柄部）と有機質肥料区の葉柄部では、有機質土壌の割合が低いほど、遊離アミノ酸含量は低くなった。

糖（果糖、ブドウ糖、ショ糖）の組成割合は葉身部、葉柄部で異なった。葉身部、葉柄部ともショ糖は主要な糖であった。果糖、ブドウ糖は葉柄部に多く存在した。ショ糖は無肥料区で最も高く、有機質肥料区、化成肥料区と続いた。無肥料区、有機質肥料区では有機質土壌の割合が低いほどショ糖含量は高くなった。化成肥料区では土壌の種類に関係なくショ糖含量はほぼ一定であった。

3 土壌と肥料の違いが官能評価に及ぼす影響

土壌と肥料の違いがホウレンソウの官能評価に及ぼす影響を表4に示した。草姿の色沢、外観は、有機質肥料区では有機質土壌の割合が高いほど評価は高くなった。化成肥料区では土壌の種類に関係なく一定の高い評価が得られた。無肥料区では他の施肥区に比べて草姿の評価が低く、有機質土壌の割合が低いほど評価は低くなった。食味の評価は、3分間ブランチングしたサンプルについて葉身部と葉柄部に分けて行った。葉身部の硬さは無肥料区で最も硬く、有機質肥料区、化成肥料区の順に硬いと評価された。葉柄部の硬さは無肥料区で最も硬く、有機質肥料区と化成肥料区の間には評価の差はみられなかった。甘味は、葉身部、葉柄部ともに土壌の種類に関係なく、無肥料区>有機質肥料区>化成肥料区の順に甘味が強いと評価された。えぐ味は、葉身部、葉柄部ともに土壌の種類に関係なく、化成肥料区>無肥料区>有機質肥料区の順にえぐ味が強いと評価された。

4 成分含量、生体重および水分含量との関係

ホウレンソウの成分含量、生体重および水分含量との関係を表5に示した。水分含量と生体重（地上部重+地下部重）は、葉身部、葉柄部ともに高い正の相関がみられた。水分含量は、硝酸態窒素と遊離アミノ酸含量との間に正の相関が、アスコルビン酸と全糖含量との間に負の相関がみられた。特に葉柄部において、水分含量と成分含量との間に高い相関がみられた。生体重と成分含量との間にも、水分含量と同様な関係がみられた。

成分含量間について、アスコルビン酸含量は、硝酸態窒素と遊離アミノ酸含量との間に高い負の相関が、全糖含量との間に高い正の相関がみられた。硝酸態窒素含量は、遊離アミノ酸含量との間に高い正の相関が、全糖含量との間に高い負の相関がみられた。遊離アミノ酸含量は、全糖含量との間に高い負の相関がみられた。

表1 土壌と肥料の違いがハウレンソウの生育量および外観品質に及ぼす影響

| 土壌 ^z | 肥料 ^y | 草丈 (cm) | 地上部重 (g) | 地下部重 (g) | 最大葉長 (cm) | 最大葉幅 (cm) | 葉長/ 葉幅比 | 最大1葉重 (g) |
|------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| 有機質土壌 | 有機質肥料 | 29.7 ± 0.9* | 13.7 ± 1.5 | 1.0 ± 0.1 | 12.4 ± 0.4 | 6.8 ± 0.4 | 1.8 ± 0.1 | 2.5 ± 0.2 |
| 有機質土壌 | 化成肥料 | 24.2 ± 1.1 | 11.1 ± 1.4 | 0.7 ± 0.1 | 10.3 ± 0.5 | 6.3 ± 0.4 | 1.6 ± 0.1 | 1.9 ± 0.2 |
| 有機質土壌 | 無肥料 | 22.7 ± 0.9 | 6.2 ± 0.3 | 0.4 ± 0.04 | 10.5 ± 0.3 | 4.9 ± 0.2 | 2.2 ± 0.1 | 1.4 ± 0.1 |
| 1/2有機質土壌 | 有機質肥料 | 26.0 ± 1.9 | 12.1 ± 1.1 | 0.7 ± 0.1 | 12.0 ± 0.5 | 6.1 ± 0.3 | 2.0 ± 0.03 | 2.3 ± 0.2 |
| 1/2有機質土壌 | 化成肥料 | 28.3 ± 1.1 | 12.3 ± 0.9 | 0.8 ± 0.1 | 11.2 ± 0.6 | 6.6 ± 0.3 | 1.7 ± 0.1 | 2.2 ± 0.2 |
| 1/2有機質土壌 | 無肥料 | 20.1 ± 0.4 | 5.1 ± 0.5 | 0.3 ± 0.03 | 9.0 ± 0.3 | 4.3 ± 0.3 | 2.1 ± 0.1 | 1.0 ± 0.1 |
| 慣行土壌 | 有機質肥料 | 25.8 ± 0.9 | 9.1 ± 0.8 | 0.6 ± 0.1 | 11.2 ± 0.3 | 6.2 ± 0.4 | 1.8 ± 0.1 | 1.9 ± 0.2 |
| 慣行土壌 | 化成肥料 | 25.9 ± 0.7 | 9.9 ± 0.8 | 0.5 ± 0.1 | 11.2 ± 0.3 | 6.2 ± 0.2 | 1.8 ± 0.1 | 2.1 ± 0.1 |
| 慣行土壌 | 無肥料 | 14.5 ± 0.5 | 2.0 ± 0.2 | 0.2 ± 0.02 | 6.5 ± 0.2 | 2.8 ± 0.1 | 2.3 ± 0.1 | 0.6 ± 0.1 |
| 有意差 ^v | 土 壌 | ** | ** | ** | ** | ** | n.s. | ** |
| | 肥 料 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 土壌×肥料 | ** | n.s. | n.s. | ** | ** | n.s. | * |

| 土壌 ^z | 肥料 ^y | 葉数 (枚) | 葉身厚 (μm) | 葉柄厚 (mm) | 葉身の色調 ^w | | | |
|------------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|--------------------|-------|------|------------|
| | | | | | L | a | b | 黄化度 |
| 有機質土壌 | 有機質肥料 | 9.8 ± 0.5 | 291 ± 9 | 2.7 ± 0.2 | 28.9 | - 8.2 | 10.3 | 36.5 ± 1.4 |
| 有機質土壌 | 化成肥料 | 8.9 ± 0.5 | 311 ± 11 | 2.3 ± 0.1 | 30.7 | - 8.7 | 11.0 | 39.0 ± 1.3 |
| 有機質土壌 | 無肥料 | 8.8 ± 0.3 | 306 ± 9 | 2.1 ± 0.1 | 35.0 | -10.3 | 14.7 | 49.6 ± 1.5 |
| 1/2有機質土壌 | 有機質肥料 | 8.9 ± 0.4 | 303 ± 6 | 2.5 ± 0.2 | 31.5 | - 9.0 | 11.8 | 41.0 ± 1.6 |
| 1/2有機質土壌 | 化成肥料 | 9.3 ± 0.3 | 309 ± 16 | 2.4 ± 0.1 | 30.7 | - 8.7 | 11.3 | 39.9 ± 1.4 |
| 1/2有機質土壌 | 無肥料 | 9.4 ± 0.3 | 320 ± 11 | 2.0 ± 0.1 | 36.6 | -11.4 | 16.1 | 51.8 ± 1.4 |
| 慣行土壌 | 有機質肥料 | 9.8 ± 0.3 | 322 ± 12 | 2.3 ± 0.2 | 31.9 | - 9.2 | 12.2 | 42.3 ± 2.0 |
| 慣行土壌 | 化成肥料 | 8.5 ± 0.3 | 316 ± 8 | 2.4 ± 0.1 | 31.3 | - 8.9 | 11.3 | 39.8 ± 1.3 |
| 慣行土壌 | 無肥料 | 7.6 ± 0.3 | 330 ± 8 | 1.0 ± 0.1 | 40.9 | -12.0 | 19.3 | 66.1 ± 3.1 |
| 有意差 ^v | 土 壌 | n.s. | n.s. | ** | | | | ** |
| | 肥 料 | ** | n.s. | ** | | | | ** |
| | 土壌×肥料 | ** | n.s. | ** | | | | ** |

z: 有機質土壌(有機物連用土壌のみ), 1/2有機質土壌(有機物連用土壌:有機物無施用土壌=1:1), 慣行土壌(有機物無施用土壌のみ)

y: 有機質肥料(N:P₂O₅:K₂O=7:4:4)と化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=16:10:14)の施肥量は窒素換算で10kg/10a(全量基肥)

x: 平均±標準誤差

w: L値(明度), a値(緑色度(-)~赤色度(+)), b値(青色度(-)~黄色度(+)), 黄化度(L×b/|a|値, 値が高いほど黄化程度が進む)

v: 二元分散分析. *, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意であること, n.s.は5%水準で有意でないことを示す.

表2 土壌と肥料の違いがハウレンソウ葉身部の成分含量に及ぼす影響

| 土 壌 | 肥 料 | 水分 (%) | アスコルビン酸 ^z (mg/100gFW) | 硝酸態窒素 (mg/100gFW) | 遊離アミノ酸 ^y (mg/100gFW) | 糖含量(g/100gFW) | | | |
|----------|-------|-----------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------|--------------------|------|------|
| | | | | | | 果糖 | ブドウ糖 | ショ糖 | 全糖 |
| 有機質土壌 | 有機質肥料 | 89.2 | 66.1 | 29.0 | 163.1 | 0.08 | 0.08 | 0.23 | 0.39 |
| 有機質土壌 | 化成肥料 | 89.2 | 50.9 | 35.3 | 199.8 | 0.02 | <0.01 ^w | 0.20 | 0.22 |
| 有機質土壌 | 無肥料 | 88.4 | 72.4 | 2.5 | 97.1 | 0.07 | 0.14 | 1.72 | 1.93 |
| 1/2有機質土壌 | 有機質肥料 | 89.3 | 45.3 | 26.8 | 151.5 | 0.10 | 0.28 | 0.27 | 0.65 |
| 1/2有機質土壌 | 化成肥料 | 89.7 | 40.1 | 38.2 | 190.2 | 0.06 | 0.09 | 0.15 | 0.30 |
| 1/2有機質土壌 | 無肥料 | 89.1 | 80.7 | < 0.5 ^x | 82.5 | 0.04 | 0.19 | 2.35 | 2.58 |
| 慣行土壌 | 有機質肥料 | 89.0 | 62.4 | 3.0 | 158.2 | 0.09 | 0.12 | 1.30 | 1.51 |
| 慣行土壌 | 化成肥料 | 89.3 | 56.1 | 34.7 | 191.1 | 0.08 | 0.32 | 0.46 | 0.86 |
| 慣行土壌 | 無肥料 | 87.8 | 75.4 | < 0.5 ^x | 79.8 | 0.01 | 0.02 | 2.60 | 2.63 |

z: 還元型アスコルビン酸 y: グルタミン酸換算値 x: 検出限界値以下の値(硝酸態窒素0.5mg/100gFW以下)

w: 最小記載値以下の値(ブドウ糖0.01g/100gFW以下)

表3 土壌と肥料の違いがハウレンソウ葉柄部の成分含量に及ぼす影響

| 土 壌 | 肥 料 | 水分 (%) | 硝酸態窒素 (mg/100gFW) | 遊離アミノ酸 ^z (mg/100gFW) | 糖含量(g/100gFW) | | | |
|----------|-------|-----------|----------------------|------------------------------------|---------------|------|------|------|
| | | | | | 果糖 | ブドウ糖 | ショ糖 | 全糖 |
| 有機質土壌 | 有機質肥料 | 92.4 | 46.8 | 127.0 | 0.50 | 0.69 | 0.40 | 1.59 |
| 有機質土壌 | 化成肥料 | 93.0 | 54.9 | 129.5 | 0.32 | 0.47 | 0.41 | 1.20 |
| 有機質土壌 | 無肥料 | 90.9 | 6.0 | 47.5 | 0.34 | 0.50 | 2.52 | 3.36 |
| 1/2有機質土壌 | 有機質肥料 | 93.6 | 52.1 | 107.9 | 0.36 | 0.48 | 0.28 | 1.12 |
| 1/2有機質土壌 | 化成肥料 | 93.4 | 68.5 | 150.3 | 0.37 | 0.44 | 0.24 | 1.05 |
| 1/2有機質土壌 | 無肥料 | 89.5 | < 0.5 ^y | 38.8 | 0.18 | 0.42 | 3.48 | 4.08 |
| 慣行土壌 | 有機質肥料 | 90.5 | 14.4 | 71.4 | 0.46 | 0.85 | 1.82 | 3.13 |
| 慣行土壌 | 化成肥料 | 92.3 | 62.1 | 149.7 | 0.37 | 0.68 | 0.32 | 1.37 |
| 慣行土壌 | 無肥料 | 86.9 | < 0.5 ^y | 34.5 | 0.07 | 0.16 | 4.23 | 4.46 |

z: グルタミン酸換算値 y: 検出限界値以下の値(硝酸態窒素0.5mg/100gFW以下)

表4 土壌と肥料の違いがホウレンソウの官能評価に及ぼす影響

| 土壌 | 肥料 | 草姿 | | 葉身部 | | | | |
|----------|-------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 色沢 | 外観 | 色沢 | 外観 | 硬さ | 甘味 | えぐ味 |
| 有機質土壌 | 有機質肥料 | 4.6 ± 0.2* | 4.9 ± 0.1 | 4.0 ± 0.4 | 4.1 ± 0.3 | 3.1 ± 0.3 | 3.6 ± 0.4 | 1.9 ± 0.4 |
| 有機質土壌 | 化成肥料 | 4.5 ± 0.2 | 4.1 ± 0.3 | 4.2 ± 0.3 | 4.0 ± 0.3 | 2.8 ± 0.3 | 3.1 ± 0.4 | 2.6 ± 0.4 |
| 有機質土壌 | 無肥料 | 2.8 ± 0.4 | 2.3 ± 0.2 | 3.0 ± 0.4 | 3.1 ± 0.3 | 3.7 ± 0.4 | 4.5 ± 0.3 | 2.0 ± 0.3 |
| 1/2有機質土壌 | 有機質肥料 | 3.6 ± 0.3 | 3.0 ± 0.2 | 4.3 ± 0.3 | 3.5 ± 0.3 | 3.4 ± 0.3 | 3.4 ± 0.4 | 2.4 ± 0.4 |
| 1/2有機質土壌 | 化成肥料 | 4.3 ± 0.3 | 4.6 ± 0.2 | 4.9 ± 0.1 | 4.4 ± 0.2 | 2.9 ± 0.4 | 3.0 ± 0.5 | 2.6 ± 0.5 |
| 1/2有機質土壌 | 無肥料 | 2.3 ± 0.2 | 2.3 ± 0.2 | 2.5 ± 0.3 | 2.6 ± 0.3 | 3.9 ± 0.4 | 4.1 ± 0.4 | 2.6 ± 0.6 |
| 慣行土壌 | 有機質肥料 | 3.4 ± 0.5 | 3.2 ± 0.3 | 3.8 ± 0.3 | 3.1 ± 0.2 | 3.3 ± 0.3 | 4.3 ± 0.3 | 2.0 ± 0.4 |
| 慣行土壌 | 化成肥料 | 4.4 ± 0.3 | 4.8 ± 0.2 | 4.1 ± 0.4 | 4.1 ± 0.4 | 2.6 ± 0.2 | 3.4 ± 0.4 | 2.6 ± 0.5 |
| 慣行土壌 | 無肥料 | 1.1 ± 0.1 | 1.1 ± 0.1 | — | — | — | — | — |

| 土壌 | 肥料 | 葉柄部 | | | | |
|----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 色沢 | 外観 | 硬さ | 甘味 | えぐ味 |
| 有機質土壌 | 有機質肥料 | 4.2 ± 0.3 | 4.0 ± 0.2 | 3.6 ± 0.3 | 3.8 ± 0.3 | 2.4 ± 0.4 |
| 有機質土壌 | 化成肥料 | 3.4 ± 0.2 | 3.8 ± 0.3 | 3.9 ± 0.3 | 2.6 ± 0.4 | 3.9 ± 0.1 |
| 有機質土壌 | 無肥料 | 2.9 ± 0.2 | 3.0 ± 0.4 | 4.4 ± 0.3 | 4.4 ± 0.3 | 2.6 ± 0.5 |
| 1/2有機質土壌 | 有機質肥料 | 4.2 ± 0.2 | 4.4 ± 0.2 | 3.7 ± 0.4 | 3.4 ± 0.3 | 2.2 ± 0.3 |
| 1/2有機質土壌 | 化成肥料 | 4.0 ± 0.3 | 4.4 ± 0.3 | 3.4 ± 0.2 | 2.9 ± 0.3 | 2.7 ± 0.3 |
| 1/2有機質土壌 | 無肥料 | 1.9 ± 0.2 | 1.8 ± 0.2 | 3.8 ± 0.5 | 4.2 ± 0.3 | 2.2 ± 0.4 |
| 慣行土壌 | 有機質肥料 | 4.1 ± 0.3 | 3.5 ± 0.2 | 3.3 ± 0.4 | 3.9 ± 0.3 | 2.3 ± 0.4 |
| 慣行土壌 | 化成肥料 | 4.1 ± 0.5 | 4.1 ± 0.4 | 3.1 ± 0.3 | 2.9 ± 0.3 | 2.8 ± 0.5 |
| 慣行土壌 | 無肥料 | — | — | — | — | — |

z：平均±標準誤差。

食味評価は、沸騰湯中で3分間ブランチングしたサンプルについて行った。

色沢・外観については、よい(5)～悪い(1)、硬さ・甘味・えぐ味については、強い(5)～弱い(1)の5点評価で行った。

慣行土壌・無肥料区はサンプルが少量のため官能評価は行わなかった。

表5 ホウレンソウの成分含量、生体重および水分含量との関係

| | | 葉身部 | 葉柄部 |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| 水分 | — 生体重 | 0.829 ** | 0.921 ** |
| 水分 | — アスコルビン酸 | -0.695 * | — |
| 水分 | — 硝酸態窒素 | 0.738 * | 0.870 ** |
| 水分 | — 遊離アミノ酸 | 0.755 * | 0.843 ** |
| 水分 | — 全糖 | -0.751 * | -0.948 ** |
| 生体重 | — アスコルビン酸 | -0.754 * | — |
| 生体重 | — 硝酸態窒素 | 0.825 ** | 0.848 ** |
| 生体重 | — 遊離アミノ酸 | 0.841 ** | 0.858 ** |
| 生体重 | — 全糖 | -0.946 ** | -0.918 ** |
| アスコルビン酸 | — 硝酸態窒素 | -0.831 ** | — |
| アスコルビン酸 | — 遊離アミノ酸 | -0.832 ** | — |
| アスコルビン酸 | — 全糖 | 0.849 ** | — |
| 硝酸態窒素 | — 遊離アミノ酸 | 0.887 ** | 0.984 ** |
| 硝酸態窒素 | — 全糖 | -0.931 ** | -0.973 ** |
| 遊離アミノ酸 | — 全糖 | -0.924 ** | -0.950 ** |

生体重=地上部重+地下部重

*, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す。

考 察

消費者が有機野菜に期待するものは、無農薬・無化学肥料栽培による安全性⁹⁾はもちろんのこと、栄養成分の多さや味の良さといった品質、あるいは日持ちの良さといった付加的な長所があげられ、場合によっては硝酸態窒素やシュウ酸といった健康上好ましくないとされる成分の少なさが議論される場合もある^{1, 4)}。そこで、有機質土壌や有機質肥料を施用してホウレンソウを栽培し、

生育ならびに品質について慣行土壌や化成肥料によるものと比較した。測定項目は、野菜を出荷する場合に最も重要となる生育量と外観品質、味や栄養面において高含量が望まれる糖、アミノ酸およびアスコルビン酸含量、並びに好ましくないとされる硝酸態窒素含量とした。

化成肥料を施用した場合、いずれの土壌区においても草丈25cm前後の生育量のものが得られ、外観品質も優れていた。有機質肥料を施用した場合や無肥料で栽培した場合は土壌の影響を大きく受けた。有機物を5年間連用した土壌で有機質肥料を施用した場合、生育量および外観品質は化成肥料区と同等またはそれ以上のものが得られたが、有機物無施用の慣行土壌で有機質肥料を施用した場合は生育量がやや小さく、葉は黄化しており外観品質が劣っていた。無肥料の場合は施肥区に比べていずれの土壌においても生育量および外観品質は劣っていたが、特に有機質土壌の割合が低いほど劣っていた。以上のことから、化成肥料を施用して栽培する場合は土壌の違いが生育量および外観品質に及ぼす影響はほとんどみられないが、化成肥料を用いずに有機質肥料を施用して栽培する場合は、有機物連用の有無による土壌の違いが生育量および外観品質に及ぼす影響が大きいことから、土壌の物理性、化学性、生物性並びに有機質肥料の特性を把握して有機質肥料を用いることが重要と考えられる。

葉菜類に共通した好ましい品質関連成分としては、食味の面から糖含量の増加が望まれている¹⁰⁾。建部ら¹⁰⁾

は、ハウレンソウの糖と窒素施用量との関係を調べた結果、ショ糖は窒素無施用区において最も高く、窒素栄養条件によって3糖の組成割合も変動するとし、窒素無施用区のショ糖は窒素の不足により蓄積されると説明している。本試験において、無肥料区で最もショ糖含量が高かったこと、無肥料区と有機質肥料区では有機質土壤の割合が低いほどショ糖含量が高くなったのは、比較的土壤中の窒素量が少なかったためショ糖が蓄積されたと考えられる。また、化成肥料区では土壤の種類に関係なくショ糖含量が低く一定であったのは窒素量がどの土壤においても多かったためと考えられる。

目黒ら⁷⁾によると窒素施用量が無窒素から窒素20 g/m²まで増加するにともない、ハウレンソウの総アスコルビン酸含量は減少し、さらに窒素40 g/m²まで窒素量を増やすと再び上昇を示した。硝酸態窒素含量について、亀野ら⁶⁾と吉田¹¹⁾は窒素施用の増加によって硝酸態窒素含量は明らかに上昇し、これは供給窒素量と作物体内の窒素レベルが直接的に結びついているためとしている。建部ら¹⁰⁾と目黒ら⁷⁾は、窒素施用量を増やすとハウレンソウの硝酸態窒素含量が高くなり、アスコルビン酸含量および糖含量が低下する傾向にあるため、収量を落とさない範囲で窒素施用量を減らすことを提唱している。本試験の成分含量について、有機質肥料区では化成肥料区に比べて硝酸態窒素含量および遊離アミノ酸含量が低く、糖含量、アスコルビン酸含量が高い傾向がみられた。有機質土壤・有機質肥料区の土壤中窒素量(収穫後の土壤中硝酸態窒素含量8.8mg/100g)は、化成肥料区(20.0mg/100g)と比べて生育量、外観品質および成分面においてより好ましい条件であったと推察される。

ハウレンソウについては生体重や水分含量が有機農産物の品質に二次的な影響を与える可能性がある。藤原ら^{2, 3, 4)}の行った有機質肥料や堆肥を施用した試験において、ハウレンソウの生体重が大きい場合、水分および硝酸態窒素含量は高く、全糖、アスコルビン酸およびシュウ酸含量は低い結果が得られた。これらのことから藤原ら^{2, 3, 4)}は、堆肥施用により生じたハウレンソウの成分含量の違いは肥効の違いにより生育が異なったことが主な原因であり、有機質肥料や堆肥の連用が品質に直接及ぼした影響は非常に小さいと考察している。本試験においても、生体重が大きいと、水分、硝酸態窒素および遊離アミノ酸含量は高く、全糖とアスコルビン酸含量は低くなる結果となった。これは施肥区(有機質肥料区、化成肥料区)と無肥料区の生育量が大きく異なったためと考えられる。有機質肥料区は、化成肥料区と同等またはそれ以上の生育量を示した場合においても全糖や

アスコルビン酸含量は高く、硝酸態窒素含量は低い傾向がみられたことから、本試験の条件においては有機質肥料の施用がハウレンソウの成分含量に影響を及ぼしたと考えられる。

有機物を連用した土壤と有機物無施用の土壤を圃場から採取しプランター内に入れ、それぞれ有機質肥料、化成肥料、無肥料の試験区を設けて同一環境下で栽培した本試験の条件において、有機質土壤・有機質肥料区では化成肥料区と同等またはそれ以上の生育および外観品質をもち、さらに成分面では化成肥料区よりも硝酸態窒素、遊離アミノ酸含量が低く、アスコルビン酸、全糖含量が高い品質のものが得られた。実際の栽培においては、肥料の種類や量、施用時期など様々であり、また供試品種や栽培環境による反応性の違いも生じる。有機農産物の高品質生産のためには、個々の栽培条件や環境要因等と生育および品質との関係の解析が必要と考えられる。

引用文献

- (1) 伊達 昇(1996): 野菜の有機栽培: 栄養と健康のライフサイエンス 1(3), 21-26
- (2) 藤原孝之・板倉 元・吉川重彦・安田典夫(1999): 有機質肥料および堆肥の連用がハウレンソウの品質に及ぼす影響: 食科工誌 46(12), 815-820
- (3) 藤原孝之(2000): 有機質施肥とハウレンソウの成分・日持ち: フレッシュフードシステム 29(3), 89-91
- (4) 藤原孝之(2000): 有機野菜の品質評価研究の現状と今後の展望: 農及園 76(7), 743-748
- (5) 堀田博(1999): 有機栽培と慣行栽培農産物の品質上の差異: 食科工誌 46(6), 428-435
- (6) 亀野 貞・木下隆雄・楠原 操・野口正樹(1990): ハウレンソウの栽培条件及び品種と品質関連成分の変動: 中国農研報 6, 157-178
- (7) 目黒孝司・吉田企世子・山田次良・下野勝昭(1991): 夏どりハウレンソウの内部品質指標: 土肥誌 62, 435-438
- (8) 目黒孝司(1998): 有機野菜の品質と評価: 研究ジャーナル 21(7), 30-34
- (9) 大西詳三(2000): JAS法改正に伴う食品の表示制度について: 研究ジャーナル 23(11), 50-55
- (10) 建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子・米山忠克(1995): 窒素施用がハウレンソウとコマツナの生育と糖、アスコルビン酸、硝酸、シュウ酸含有率に与える影響: 土肥誌 66(3), 238-246
- (11) 吉田企世子(1996): 栽培条件と野菜の成分: 栄養と健康のライフサイエンス 1(1), 27-32