

三毛作体系レタス減肥栽培の生育収量と土壤養分

青山 喜典*・岩田 均**・小林 尚司***・大塩 哲視*

要 約

淡路三原平野の水稲-レタス-レタス体系の3作目のレタス栽培で、牛ふん稲わら堆肥連用ほ場と堆肥無施用ほ場において、窒素:リン酸:カリ=34.0:26.8:28.4kg/10aを標準施肥量(あわじ農協施肥基準準拠)として、施肥量の違いがレタスの生育収量と土壤養分に与える影響を検討した。

- 1 レタスの生育は、堆肥連用区が優れており、堆肥・無肥料区でも標準区と同等の生育を示し、3割減肥区が優れていた。無堆肥区でも、3割減肥区の生育が最も優れ、標準量以上の施肥で生育が劣った。
- 2 レタス作付け前の堆肥16年連用区と無施用区の土壤養分を比較した結果、堆肥連用区で、交換性陽イオンや可給態リン酸の集積が認められ、腐植、全窒素及び硝酸態窒素含量も高かった。
- 3 レタス生育中の作土の土壤養分は、施肥量が増加するほど硝酸態窒素、可給態リン酸及び交換性カリ含量が増加し、その傾向は堆肥連用区で顕著であった。
- 4 レタスの施肥量は、慣行の3割減(N:24kg/10a)が生育・収量とも良好であったが、作土に硝酸態窒素の集積がかなり認められ、なお減肥の可能性が伺え、堆肥連用ほ場ではさらに減肥が可能と考えられた。

The Effect of Reducing the Amount of Chemical Fertilizer Application on Growth and Yield of Lettuce and Soil Fertility in Triple Cropping Farms.

Yoshinori AOYAMA, Hitoshi IWATA, Shouji KOBAYASHI and Tetsushi OSHIO

Summary

Experiments were carried out on the effect of the amount of fertilizer application on the growth and yield of lettuce and soil fertility in triple cropping farms (rice-lettuce-lettuce) with/without the continuous application of the compost made of cattle dung and rice straw.

- (1) The growth and yield of lettuce were better increased with reducing 30% of the standard application, while they were decreased with more application of fertilizer than standard application.
- (2) Soil Fertility (NO₃-N, Total P₂O₅, exchangeable-K₂O, Soil organic matter and total nitrogen) with the continuous application of compost was increased as the amount of fertilizer application was increased.
- (3) The application of 24kg/10a of nitrogen was good for the growth and yield of lettuce after the harvest of rice and lettuce in triple cropping farms. There seems to be the possibility further reducing fertilizers in farms which used compost continuously.

キーワード：田畑輪換、三毛作、レタス、施肥管理、窒素

緒 言

淡路南部の三原平野は全国でも有数の耕種・畜産複合農業地帯で、水稲作で得られた稲わらを堆肥化してほ場

に還元し、裏作にタマネギを栽培するという有畜経営が古くから行われてきた⁵⁾。また、1959年頃から水稲跡にハクサイが導入され、ハクサイの跡にタマネギを作付する水田の三毛作(水稲-ハクサイ-タマネギ)が行われ、土地利用の高度化が進んできた⁶⁾。その後、ハクサイ以外にレタス、キャベツなどの葉菜類も取り入れられ、水稲跡レタスの2作穫り等多様な栽培体系で野菜栽培が行わ

1998年8月31日受理

* 中央農業技術センター ** 現中央農業技術センター

*** 淡路農業技術センター

表1 試験区の内容及び施肥量

| 試験区 | 施肥量 (kg/10a) | | 三要素施用量 (kg/10a) | | | |
|------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------------|------------------|--------------|
| | 園芸有機 | 燐硝安加里S604 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| 無肥料 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 堆肥連用* 無堆肥 |
| 3割減肥 | 91 | 91 | 23.8 | 18.8 | 19.9 | |
| 標準 | 130 | 130 | 34.0 | 26.8 | 28.4 | |
| 3割増肥 | 170 | 170 | 44.2 | 34.8 | 36.9 | |

*堆肥区は野菜作付前約4t/10a、年間約8t/10aを16年施用

表2 牛ふん稲わら堆肥の内容成分と成分投入量 (1996年)

| 全炭素 | 全窒素 | C/N | リン酸 | カリ | 石灰 | 苦土 | 水分 |
|------|------|------|------|-------|------|------|----|
| 27.2 | 2.38 | 11.4 | 2.75 | 4.31 | 1.58 | 0.85 | 69 |
| — | 29.5 | — | 34.1 | 53.4 | 19.6 | 10.5 | — |
| — | 59.0 | — | 68.2 | 106.9 | 39.2 | 21.1 | — |

上段:乾物当り(%) 中段:野菜1作当り投入量(kg/10a)
下段:年間投入量(kg/10a)

れている。野菜栽培における施肥量は施肥基準⁴⁾を上回る事例も多くリン酸等の土壤養分の集積も一部で認められている²⁾。また、従来、農業は環境保全的産業と考えられてきたが、農耕地から窒素等肥料成分の流出による環境への負荷が報告されている³⁾。野菜栽培は、施肥量が相対的に多く、特に、冬季に栽培されるレタスは、年内どりレタスに比べても施肥量が多い。また、当地域では、畜産農家から出る家畜ふん(堆肥)の投入も多く、生育・収量を低下させずに環境への負荷を低減させる施肥法の改善や施肥量の削減が求められている。そこで、淡路農業技術センター内の三毛作堆肥無施用ほ場と堆肥16年連用ほ場において、水稻-レタス-レタス体系2年目の水稻-レタス跡のレタス栽培で、減肥料試験を行い、慣行施肥の3割減肥あるいはそれ以下の方が適切であることが明らかとなったので報告する。

材料及び方法

淡路農業技術センター内の三毛作(水稻-レタス-レタス)ほ場(細粒黄色土造成相)のレタス慣行栽培跡に、レタス(サントス2号)を1996年10月14日に播種、11月26日に畝幅135cm・株間26cm(2条植)で定植した。試験区の構成は表1に示した。標準施肥量(あわじ島農協施肥基準準拠)を窒素:リン酸:カリ=34.0:26.8:28.4kg/10aとして、堆肥連用ほ場(8t/10a・年)と無施用ほ場にそれぞれ無肥料区、3割減肥区、標準区、3割増肥区を設け、1区14.4m²・2連制、全量基肥施用でマルチ・トンネル栽培を行った。試験に用いた牛ふん稲わら堆肥の内容成分と成分投入量を表2に示した。

レタス栽培中の分析用土壌はレタスの株元から採取し、硝酸態窒素は生土:水=1:5で振とうろ過後イオンクロマトグラフで、他の項目は風乾土を常法で測定した。

結果

堆肥無施用区の生育・収量を表3に示した。レタスの生育は、3割減肥区が良好で、標準施肥量以上で生育(全重、葉長、葉幅)が低下した。収量(結球重)は3割減肥区が多く、無肥料区が少なかった。収穫時期は、3割減肥区と3割増肥区が早く、それ以外は遅れた。規格別にみても3割減肥区が良好で、それ以外の区ではS球や2S球の割合が高かった。

堆肥連用区の生育・収量を表4に示した。レタスの生育は、3割減肥区が良好で、収量(結球重)も標準区と同等の結果が得られ、無肥料区と3割増肥区がやや少なかった。収穫時期は、無肥料区以外、3月10日に一斉に収穫出来た。規格別にみると、3割減肥区と標準区はM球以上の割合が100%で良好であったが、3割増肥区では、S球も混じるなど生育にばらつきがみられた。また施肥量が増加する程、緊度3(最適)の個数割合が低下した。

堆肥無施用区と堆肥連用区の比較では、堆肥連用区の生育は明らかに無堆肥区より優れており、堆肥連用・無肥料でも、無堆肥・標準と同等以上の生育を示した。収量も、堆肥連用区全ての区が無堆肥・標準区を上回っていたが、堆肥連用区の収量の差は、無堆肥区の収量の差より小さかった。

レタス作付前の作土の土壤養分(表5)は、堆肥16年連用区で、交換性陽イオンや可給態リン酸の集積が認められ、腐植、全窒素及び硝酸態窒素含量も多かった。土壌の物理性(表6)は、堆肥連用区の仮比重、圧碎強度が低下し、孔隙率の増加と透水性の改善が認められた。

レタスほ場の作土の土壤養分変化を図1に示した。レタス生育中の堆肥無施用区の硝酸態窒素含量(mg/100g)は、無肥料区1.7、3割減肥区28.7、標準区48.0、3割増肥区60.7、可給態リン酸含量(mg/100g)は、無肥料区45.6、3割減肥区57.3、標準区70.6、3割増肥区86.6、交換性カリ含量(mg/100g)は、無肥料区18.3、3割減肥区32.4、標準区48.7、3割増肥区57.8であった。堆肥連用区の硝酸態窒素含量(mg/100g)は無肥料区10.2、3割減肥区57.5、標準区87.8、3割増肥区110.5、可給態リン酸含量(mg/100g)は無肥料区148.0、3割減肥区174.8、標準区185.4、3割増肥区240.4、交換性カリ含量(mg/100g)は無肥料区115.4、3割減肥区147.0、標準区206.5、3割

表3 堆肥無施用区レタスの生育・収量, 出荷規格別割合 (1997年収穫)

| 試験区 | 葉長 (cm) | 葉幅 (cm) | 全重 (g) | 結球重 (g) | 収比 (%) | 球高 (cm) | 球径 (cm) | 竊/離 | 緊度(%)* | | 収穫割合(%) | | | 規格別個数割合(%) | | | | |
|-------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------|--------|----|---------|-----|-----|------------|----|----|----|----|
| | | | | | | | | | 3 | 4 | 3月10日 | 13日 | 17日 | 2L | L | M | S | 2S |
| 無肥料 | 20.3 | 22.5 | 488 | 316 | 77 | 11.4 | 11.3 | 1.00 | 75 | 25 | 43 | 30 | 27 | 5 | 15 | 50 | 30 | |
| 3割減肥 | 22.8 | 25.7 | 716 | 460 | 112 | 13.3 | 12.9 | 1.03 | 77 | 23 | 100 | | | 55 | 38 | 7 | | |
| 標準 | 22.0 | 24.4 | 649 | 411 | 100 | 12.5 | 12.8 | 0.98 | 82 | 18 | 83 | 17 | | 32 | 48 | 20 | | |
| 3割増肥 | 22.0 | 24.3 | 642 | 418 | 102 | 12.7 | 12.6 | 1.00 | 82 | 18 | 100 | | | 20 | 53 | 27 | | |
| 有意差 | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | | | | | | | | | | | |
| L. s. d(5%) | 0.8 | 1.2 | 40 | 26 | | | | | | | | | | | | | | |
| (0.1%) | 1.3 | 2.0 | 69 | 45 | | | | | | | | | | | | | | |
| 調査個体数 | 40株 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

標準区施肥量 N:P₂O₅:K₂O=34.0:26.8:28.4kg/10a *緊度(%) : 3(最適), 4(やや固い)の割合

表4 堆肥連用区レタスの生育・収量, 出荷規格別割合 (1997年収穫)

| 試験区 | 葉長 (cm) | 葉幅 (cm) | 全重 (g) | 結球重 (g) | 収比 (%) | 球高 (cm) | 球径 (cm) | 竊/離 | 緊度(%)* | | 収穫割合(%) | | | 規格別個数割合(%) | | | | |
|-------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------|--------|----|---------|-----|-----|------------|----|----|---|----|
| | | | | | | | | | 3 | 4 | 3月10日 | 13日 | 17日 | 2L | L | M | S | 2S |
| 無肥料 | 24.5 | 28.6 | 776 | 473 | 93 | 13.1 | 13.3 | 0.98 | 90 | 10 | 93 | 7 | | 55 | 35 | 10 | | |
| 3割減肥 | 25.6 | 30.0 | 851 | 504 | 99 | 13.9 | 13.9 | 1.00 | 85 | 15 | 100 | | | 10 | 85 | 5 | | |
| 標準 | 25.4 | 29.5 | 845 | 510 | 100 | 14.2 | 14.1 | 1.01 | 82 | 18 | 100 | | | 20 | 68 | 12 | | |
| 3割増肥 | 24.5 | 27.6 | 768 | 480 | 95 | 13.4 | 13.3 | 1.01 | 62 | 38 | 100 | | | 8 | 58 | 30 | 5 | |
| 有意差 | *** | *** | *** | * | | *** | *** | | | | | | | | | | | |
| L. s. d(5%) | 0.7 | 1.0 | 46 | 27 | | | | | | | | | | | | | | |
| (0.1%) | 1.1 | 1.8 | 78 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 調査個体数 | 40株 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

標準区施肥量 N:P₂O₅:K₂O=34.0:26.8:28.4kg/10a *緊度(%) : 3(最適), 4(やや固い)の割合

表5 レタス作付前の作土の土壤養分 (1996年11月)

| 試験区 | pH | EC H ₂ O (1:5) mS | 腐植 含量 % | T-N % | 陽イオン 交換容量 me/100g | 交換性陽イオン mg/100g | | | 塩基 飽和度 % | 可給態* リン酸 mg/100g | 硝酸態窒素 mg/100g |
|------|-----|------------------------------------|---------------|----------|-------------------------|--------------------|----|----|----------------|------------------------|------------------|
| | | | | | | 石灰 | 苦土 | カリ | | | |
| 無堆肥 | 6.7 | 0.07 | 1.4 | 0.09 | 11.2 | 255 | 35 | 18 | 100 | 51 | 1.5 |
| 堆肥連用 | 7.0 | 0.16 | 3.8 | 0.22 | 15.3 | 314 | 67 | 91 | 108 | 146 | 5.4 |

堆肥区は野菜作付前約4t/10a, 年間約8 t/10aを16年施用

*Truog法

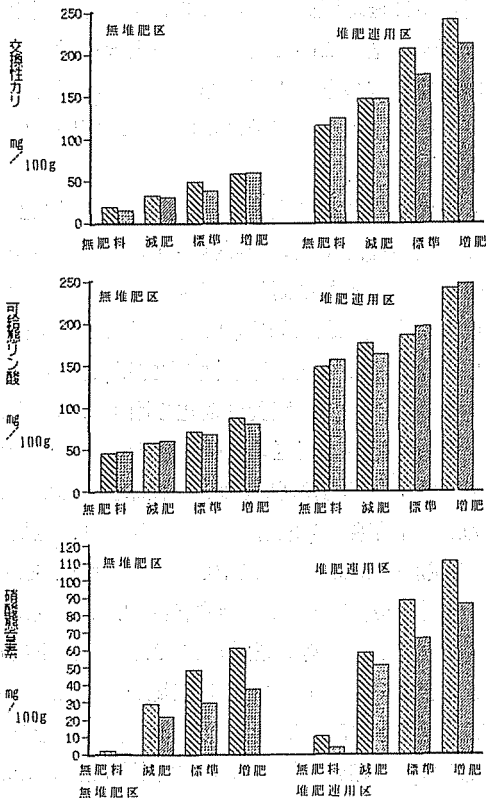


図1 レタスほ場作土の土壤養分変化 (1997年)

生育中 収穫時

表6 水稲跡ほ場の土壌物理性 (1996年8月)

| 試験区 | 仮比重 | 固相率 | 孔隙率 | 飽和透水 係数cm/s | 圧砕強度 /cm ² |
|------|------|------|------|------------------------|--------------------------|
| 無堆肥 | 1.50 | 55.4 | 44.6 | 1.6 × 10 ⁻⁴ | 13.6 |
| 堆肥連用 | 1.21 | 42.8 | 57.2 | 1.1 × 10 ⁻² | 6.6 |

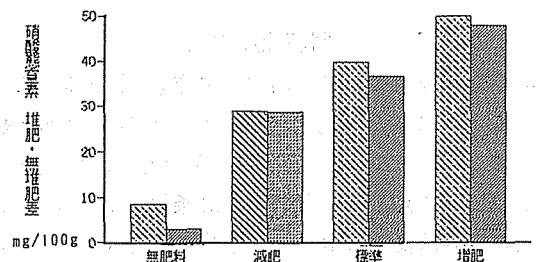


図2 堆肥連用区と無堆肥区の土壌中の硝酸窒素含量差

増肥区240.5であった。いずれの場合も施肥量が多くなるほど硝酸態窒素, 可給態リン酸及び交換性カリ含量が多くなり, 土壤養分の集積が認められ, その傾向は堆肥連用区で顕著であった。

収穫跡の土壤養分は施肥量が多くなるほど多く, レタス生育中とはほぼ同様の傾向を示し, 作土の硝酸態窒素含量は, 無肥料区以外は20mg/100g以上残っていた。

収穫跡の堆肥連用区と堆肥無施用区の硝酸態窒素含量

の差を図2に示した。堆肥連用区が堆肥無施用区に比べ、無肥料区 2.9mg/100g, 減肥区 28.6mg/100g, 標準区 36.6mg/100g, 増肥区 47.8mg/100g 多かった。

考 察

三毛作ほ場(水稻-レタス-レタス体系2年目)の水稻-レタス跡レタスのマルチートンネル栽培において、施肥量の違いと堆肥施用の有無がレタスの生育、収量と土壌養分に与える影響を検討した。なお、アンモニア態窒素は、前年度の予備試験で定植(施肥)前~収穫期にかけてほとんど検出されなかったため考察から省略した。

堆肥無施用ほ場では、標準区(慣行施肥量)の3割減肥区の生育・収量が良好であった。レタス定植前の作土の硝酸態窒素含量は1.5mg/100gであったが、生育中は概ね施肥量が多くなるほど窒素含量が多くなり、3割増肥では硝酸態窒素が80mg/100gにも達し、濃度障害的な症状が認められた。収穫期でも、3割減肥区では硝酸態窒素が20~30mg/100g以上も残存し、これはレタス一作分の施肥量にほぼ相当する量で、施肥量が多いほど残存量も多く、収量面、環境負荷の面から、さらなる減肥が可能と考えられた。

牛ふん稲わら堆肥連用ほ場では、レタスの生育・収量は全般的に堆肥無施用区に勝っており、無肥料でも無堆肥標準区を15%上回った。有機質資材の施用効果については、仮比重の減少、孔隙率の増加、塩基交換容量、全窒素、全炭素、交換性石灰、苦土およびカリの増加をもたらすという報告¹⁾や同成分量の化学肥料を施用した場合より増収効果があるという報告⁶⁾もある。また、西宗ら⁷⁾は、堆肥連用によるキャベツの外葉や球の増大や増収効果を報告している。本試験では、堆肥の16年の連用により、孔隙率など土壌の物理性が改善し土壌の腐植含量が増加する一方、リン酸含量など土壌養分の集積が認められた。堆肥連用区の硝酸態窒素含量は、収穫跡でも無肥料区 3.4mg/100g, 減肥区 50.4mg/100g, 標準区 65.9mg/100g, 増肥区 85.2mg/100g あり、無肥料区以外は、レタス一作分の施肥量を上回っていた(図1)。この値は、堆肥無施用区に比べ、無肥料区 2.9mg/100g, 減肥区 28.6mg/100g, 標準区 36.6mg/100g, 増肥区 47.8mg/100g 多かった(図2)。しかし、堆肥連用区では増肥区で生育にばらつきが見られた以外、可視的な障害は堆肥無施用区より少なく、施肥量の違いによる生育・収量の差も堆肥無施用区より小さかった。この現象は、堆肥連用区が孔隙率が高く、根張りが良く生育が良好で、土壌から養分が徐々に供給される為と考えられるが、現状では明確な理由は不明である。土壌中の硝酸態窒素残存量は作土深10cm、

仮比重1.2とすると10a当たり3.5~57.4kgとなり、3割減肥区でも堆肥からの一作当たりの全窒素投入量に相当する。堆肥連用による土壌養分の富化、特に、可給態窒素や無機態窒素の顕著な増加は西宗ら⁷⁾により報告されており、堆肥からの窒素無機化量は通常1~2割程度と考えられるが、本試験で施用した牛ふん稲わら堆肥はC/Nが11.4と低いので分解が早く、16年の連用により腐植含量増加等土壌養分が富化し、無堆肥区と比べ土壌からの窒素供給量が著しく増加したものと考えられた。そのため堆肥連用区は堆肥無施用区に比べて生育が良好で、施肥量の違いによる生育・収量の差(施肥による増収効果)が小さく、無肥料から3割減肥の施肥で無堆肥・標準区と同等以上の生育・収量を示した。本作型の堆肥連用ほ場では、堆肥無施用ほ場以上の減肥(5割程度)が可能と考えられた。

以上、水稻-レタス-レタス体系のレタス跡のレタスのマルチートンネル栽培では、慣行の施肥量の3割減程度の施肥量(N:24kg/10a)が生育・収量とも良好であったが、作土に硝酸態窒素のかなりの集積が認められ、なお減肥の可能性が伺えた。

今後、リン酸含量の少ない、いわゆるV字型肥料や窒素単肥によるさらなる減肥や肥効調節型肥料によるレタスのマルチ2連続栽培等異なる作型での検討が必要である。

引用文献

- (1) 愛知県農総試(1982):イネ科作物導入と輪換方式の改善による野菜の長期生産安定化試験成績:中核研究成果 77, 5-17
- (2) 青山喜典(1997):淡路地域の水田における土壌養分の変化と土壌改良対策:ひょうごの農業技術 90,11
- (3) 羽賀清典・尾崎保夫・袴田共之(1996):進歩総説特集号 第8部門環境 地域環境:土肥誌 67(5), 582-587
- (4) 兵庫県農林水産部(1996):主な作物の施肥基準
- (5) 小林尚司・大西忠男・竹川昌宏・西村十郎・谷口保(1986):三毛作ほ場におけるイネ科作物の導入および有機物施用が野菜の生育、収量に及ぼす影響:淡路農技研報 1, 30-33
- (6) 日本土肥学会(1977):集約農業下における土壌環境と地力管理に関するセミナー特別講演集(養賢堂 東京) 66-81
- (7) 西宗昭・湯村義男・浅川征男・吉田堯(1984):たい肥連用ほ場における連作キャベツの生育反応:野菜試報告 A12, 141-154
- (8) 大西忠男・谷口保・上岡誉富(1977):2月植えタマネギ栽培に関する研究:兵農総七研報 26, 13-18