

家畜ふん堆肥多量連用水田における水稲「ヒノヒカリ」の収量、品質と収穫期における稲体窒素保有量の関係

牛尾昭浩*・須藤健一*・岩井正志*

要 約

おがくず入り牛ふん堆肥をアール当たり300kg連年施用している水田(堆肥連用ほ場)と稲わらを連年全量還元している水田(稲わら還元ほ場)で栽培された水稲「ヒノヒカリ」の生育、収量ならびに品質を検討した。

- (1) 堆肥連用ほ場でヒノヒカリを栽培すると無肥料でも生育が旺盛になるが、施肥の有無が生育、収量に及ぼす影響は稲わら還元ほ場よりも小さかった。
- (2) 堆肥連用ほ場の施肥区は生育が最も旺盛であったものの、着生籾数が過剰になって千粒重や登熟歩合が低下し、収量、品質が稲わら還元ほ場の施肥区よりも劣った。
- (3) 収穫期における窒素保有量は堆肥連用ほ場の無肥料区でアール当たり1.32kgで、稲わら還元ほ場の無肥料区のほぼ2倍近い値を示し、稲わら還元ほ場の施肥区のアール当たり1.1kgを上回った。
- (4) 堆肥連用ほ場では、後期施肥によって㎡当たり総籾数は増加するものの収量はほぼ同等であった。また、みかけの施肥窒素利用率は3~13%であり、稲わら還元ほ場の各区と比べて著しく低かった。

Effects of Continuous Application of Livestock Manure to Paddy Fields on the Characteristics of the Rice Cultivar "Hinohikari"

Akihiro USHIO, Ken-ichi SUDO and Masashi IWAI

Summary

Effects of continuous application of cow manure, which is 30 ton per hectare a year, to paddy fields of the rice cultivar "Hinohikari" were described.

- (1) Plant growth on the field where cow manure was applied was greater than on the fields where straw was applied as amounts of nitrogen fertilizer were the same.
- (2) The number of spikelets in rice plants grown on the cow manure applied-field was more than the optimum level, so that the thousand kernel weight and ripening rate were less. Also the yield and the grain quality on the cow manure applied-field were inferior.
- (3) Available nitrogen content in the soil was increased when cow manure at 30 ton per hectare a year was continuously applied and the amount of nitrogen uptake at harvest stage was excessive. Consequently the yield and the grain quality were affected much negatively.
- (4) The amount of nitrogen uptake was almost the same whether nitrogen fertilizer was applied or not applied, so that net ratio of nitrogen fertilizer utilization was greatly decreased.

キーワード：水稲、ヒノヒカリ、堆肥連用、稲体窒素保有量、みかけの施肥窒素利用率

緒 言

ヒノヒカリは、宮崎県総合農業試験場(農林水産省指定水稲育種試験地)で育成された中生のうち種で、1989年に品種登録された¹⁾。九州地方ではコシヒカリに匹敵する良食味品種として広く普及しており、1999年の

作付面積は全国で132,700haに達した。兵庫県では1996年から奨励品種に指定され、1999年の作付面積は2,046haで、今後さらに普及するものと思われる。一方、環境保全型農業の高まりとともに畜産排泄物堆肥化施設の普及によって、家畜ふん堆肥を水田に施用する機会が多くなっている。ところが、家畜ふん堆肥を水田に連年施用することによって土壌からの養分供給量が高まるものが良く知られているものの、品種や作期が異なる場合に

2000年8月30日受理

* 中央農業技術センター

堆肥の連用が収量や品質にどのような影響を及ぼすかについての検討はあまりなされていない。そこで、兵庫県の主要な中生品種として普及推進が図られている「ヒノヒカリ」において、堆肥を多量に連年施用した水田で栽培したときの生育、収量ならびに品質を検討したのでその概要を報告する。

材料及び方法

兵庫県加西市の中央農業技術センターにおいて、細粒黄色土・造成層の表層20cmに沖積壤土を客土した水田のなかから、アール当たり300kgのおがくず入り牛ふん堆肥を5年間以上連年施用しているほ場（土壌全窒素含有率；0.213%，1997年調査）ならびに比較水田として稲わらを連年全量還元しているほ場（同；0.126%）を選定して1997～1999年に栽培試験を行った。調査ならびに稲体窒素成分分析は常法で行った。なお、品質については神戸食糧事務所社支所において検査等級の格付けを行った。

試験1 施肥の有無が生育、収量に及ぼす影響

1997, 1998年に、供試した2ほ場において施肥の有無が生育、収量に及ぼす影響を比較検討した。1997年は6月5日、1998年は6月11日に育苗日数20日間の稚苗を㎡

当たり18.5株、1株当たり3～4本で移植した。堆肥の有無に加えて、施肥量が窒素成分で基肥がアール当たり0.4kg、出穂前20日の穂肥がアール当たり0.3kgの施肥区ならびに無肥料区の計4試験区とし、1区30㎡、3反復で行った。施肥区の基肥は尿素硫化磷安(16-16-16)、穂肥は尿素入り窒素加里化成(16-0-16)を用いた。

試験2 施肥時期の違いが生育、収量に及ぼす影響

1999年に、堆肥連用ほ場において施肥時期の違いが生育、収量に及ぼす影響を検討した。試験区の設定は、基肥のみ（代かき直前に全層施用）、中間肥のみ（移植後30日に表層施用）、穂肥のみ（出穂前20日に表層施用）の3区ならびに無肥料区の計4試験区として、施肥量はいずれの施肥時期も窒素成分でアール当たり0.3kgとした。6月10日に稚苗を㎡当たり18.5株、1株当たり3～4本で移植し、1区30㎡、3反復で行った。施肥はいずれも尿素硫化磷安(16-16-16)を用いた。なお、参考として稲わら還元ほ場において試験1と同様の施肥設計で栽培を行った。

結果

試験1 施肥の有無が生育、収量に及ぼす影響

1997, 1998年に実施した試験の調査結果について2カ

表1 堆肥の有無および窒素施肥量の違いによるヒノヒカリの生育、収量、収量構成要素、品質

| 資材名 | 施肥法 | 出穂期 月日 | 成熟期 月日 | 成熟期 | | | 倒伏程度 0-5 | 全重 kg/a | 精玄米重 kg/a | 穂数 本/㎡ | 一穂粒数 粒 | ㎡当り 粒数 千粒 | 登熟歩合 % | 千粒重 g | 検査等級 | 玄米 ²⁾ 生産効率 % |
|-----|---------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-------------|------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|----------|------|----------------------------|
| | | | | 稈長 cm | 穂長 cm | 穂数 本/㎡ | | | | | | | | | | |
| 堆肥 | (0-0-0) | 8.29 | 10.12 | 84 | 17.2 | 390 | 1 | 159 | 48.2 | 400 | 75 | 29.9 | 79 | 21.5 | 1上 | 30 |
| | (4-0-3) | 8.30 | 10.18 | 90 | 17.8 | 441 | 3 | 170 | 50.1 | 468 | 78 | 36.3 | 61 | 20.8 | 1下 | 29 |
| 稲ワラ | (0-0-0) | 8.28 | 10.11 | 78 | 17.5 | 335 | 0 | 133 | 43.5 | 332 | 71 | 23.6 | 84 | 21.9 | 1上 | 33 |
| | (4-0-3) | 8.28 | 10.12 | 84 | 18.1 | 395 | 1 | 169 | 56.8 | 425 | 73 | 30.8 | 83 | 22.0 | 1中 | 34 |

1) 検査等級は神戸食糧事務所社支所調べ、倒伏程度：0無～5甚

2) 玄米生産効率=精玄米重/全重×100

表2 施肥時期の違いによるヒノヒカリの生育状況

| 資材名 | 施肥法 | 7/21 | | 8/11 | | 成熟期 | | | 出穂期 月日 | 成熟期 月日 | 倒伏程度 0-5 |
|-----|---------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | 草丈 cm | 茎数 本/㎡ | 草丈 cm | 茎数 本/㎡ | 稈長 cm | 穂長 cm | 穂数 本/㎡ | | | |
| 堆肥 | (0-0-0) | 52 | 421 | 88 | 413 | 89 | 18.2 | 400 | 9.1 | 10.13 | 1 |
| | (3-0-0) | 55 | 495 | 89 | 444 | 90 | 18.0 | 429 | 9.1 | 10.13 | 1 |
| | (0-3-0) | 54 | 460 | 89 | 454 | 90 | 18.3 | 424 | 9.1 | 10.13 | 1 |
| | (0-0-3) | 53 | 415 | 87 | 421 | 91 | 18.6 | 405 | 9.1 | 10.14 | 2 |
| 稲ワラ | (0-0-0) | 50 | 384 | 75 | 356 | 75 | 17.6 | 315 | 8.28 | 10.11 | 0 |
| | (4-0-3) | 55 | 519 | 81 | 421 | 86 | 18.8 | 387 | 8.29 | 10.12 | 1 |

注) 倒伏程度：0無～5甚

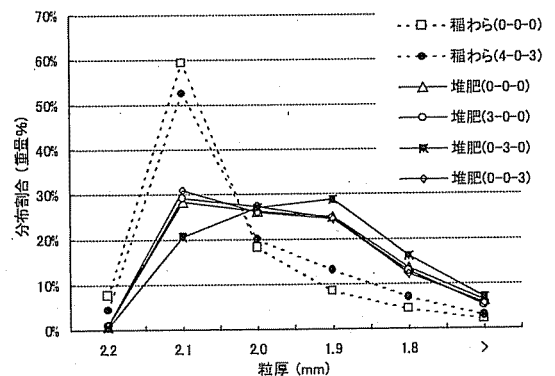


図1 堆肥の有無や施肥時期がヒノヒカリの粒厚分布に及ぼす影響

表3 施肥時期の違いによるヒノヒカリの収量、収量構成要素、品質、窒素保有量

| 資材名 | 施肥法 | 全重 kg/a | 精玄米重 kg/a | 穂数 本/m ² | 一穂 粒数 | m ² 当 粗 粒 数 千粒 | m ² ¹⁾ 整 粒 数 千粒 | 登 熟 歩 合 % | 千 粒 重 g | 検 査 等 級 | 玄米 ³⁾ 生産 効率 % | 窒素 含有率 | | 窒素 保有量 | | | みかけの 施肥窒素 利用率 ⁴⁾ % |
|-----|---------|------------|--------------|------------------------|----------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|-----------|--------|------------|-----------|-----------|----------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | 茎葉 % | 穂 % | 茎葉 kg/a | 穂 kg/a | 計 kg/a | |
| 堆肥 | (0-0-0) | 166 | 51.1 | 403 | 99 | 39.8 | 24.4 | 62 | 21.1 | 2下 | 31 | 0.69 | 1.13 | 0.58 | 0.74 | 1.32 | - |
| | (3-0-0) | 169 | 53.4 | 413 | 93 | 38.5 | 24.2 | 63 | 21.0 | 2中 | 32 | 0.67 | 1.09 | 0.57 | 0.73 | 1.30 | -7 |
| | (0-3-0) | 171 | 52.1 | 423 | 95 | 40.2 | 24.1 | 61 | 20.5 | 2中 | 30 | 0.73 | 1.08 | 0.63 | 0.73 | 1.36 | 13 |
| | (0-0-3) | 168 | 53.8 | 404 | 106 | 42.8 | 24.8 | 59 | 21.1 | 2中 | 32 | 0.69 | 1.10 | 0.57 | 0.76 | 1.33 | 3 |
| 稲ワラ | (0-0-0) | 120 | 40.7 | 321 | 85 | 27.3 | 20.6 | 76 | 22.3 | 1上 | 34 | 0.44 | 0.85 | 0.26 | 0.41 | 0.67 | - |
| | (4-0-3) | 164 | 55.9 | 384 | 95 | 36.6 | 25.6 | 70 | 22.0 | 1下 | 34 | 0.57 | 0.95 | 0.46 | 0.63 | 1.10 | 61 |

注) 1) m²整粒数：m²当たり粒厚1.8mm以上の玄米数
3) 玄米生産効率=精玄米重/全重×100

2) 検査等級：神戸食糧事務所社支所調べ
4) みかけの施肥窒素利用率=施肥区-無肥料区/施肥量×100

年の平均値を表1に示した。出穂期は堆肥連用ほ場で1～2日遅くなった。成熟期は堆肥連用ほ場で施肥することによってさらに遅れた。成熟期の各形質についてみると、堆肥連用ほ場の無肥料区は稲わら還元ほ場の施肥区並みの生育を示しており、施肥区はさらに旺盛な生育量となった。全重は堆肥連用ほ場と稲わら還元ほ場の施肥区ではほぼ同じ値であるのに対し、精玄米重は無肥料区では堆肥連用ほ場が優ったが、施肥区では堆肥連用ほ場が稲わら還元ほ場を下回り、玄米生産効率は施肥の有無にかかわらず稲わら還元ほ場が上回った。穂数はいずれのほ場も施肥区で高い値となっている。一穂粒数は71～78粒で堆肥連用ほ場の両区とも稲わら還元ほ場より高い値を示した。m²当たり粗数は穂数と一穂粒数のどちらも増加した堆肥連用ほ場で多くなったが、登熟歩合や千粒重は低くなった。なかでも堆肥連用ほ場の無肥料区ではm²当たり粗数が29.9千粒/m²で、稲わら還元ほ場の施肥区より少ないにもかかわらず、登熟歩合や千粒重の値はわずかに下回った。検査等級はいずれの区も1等であるものの、施肥区でわずかに低くなる傾向がみられた。

試験2 施肥時期の違いが生育、収量に及ぼす影響

1999年に実施した試験の調査結果を表2、3に示した。堆肥連用ほ場の各区についてみると、茎数は、移植後40日にあたる7月21日調査では基肥施用区が最も多くなった。同60日にあたる8月11日調査では中間肥施用区が最も多くなったが、各区の差はあまりみられなかった。草丈は87～89cmと各区の差がほとんどなかった。出穂期は、各区とも同じであったものの、稲わら還元ほ場の施肥区よりも3日遅れた。成熟期は穂肥施用区が他区より1日遅くなり、倒伏程度も穂肥施用区がわずかに高い値となった。稈長、穂数はそれぞれの区間であまり差がみられず、無肥料区でも89cm、400本/m²と稲わら還元ほ場の施肥区の値を上回った。穂長は穂肥施用区が最も大きく

なり、他の3区の差は小さかった。全重は166～171kg/aの範囲で各区の差は小さく、精玄米重も施肥区間では52.1～53.8kg/aと差がわずかで、いずれの区も稲わら還元ほ場の施肥区の55.9kg/aを下回り、玄米生産効率も低い値を示した。一穂粒数は穂肥施用区が106粒で最も多く、m²当たり粗数も穂肥施用区が42.8千粒で最も高い値を示したものの、m²当たり整粒数は4区の値が24.1～24.8千粒といずれの区もほぼ同等であった。登熟歩合は穂肥施用区が最も低く、無肥料区でも62%と稲わら還元ほ場の施肥区より低い値となった。検査等級は2中～2下で稲わら還元ほ場の各区より1ランク低くなった。成熟期の地上部窒素含有率は、茎葉部、穂部とも施肥の有無を含めて区間差がほとんどみられなかったが、稲わら還元ほ場の各区より明らかに高い値を示した。窒素保有量も同様の傾向であった。施肥時期の違いによる栽培試験で得られた玄米の粒厚別の分布割合は図1に示すとおりである。堆肥連用ほ場では稲わら還元ほ場と比べて2.0mm以下の粒厚に占める割合が高くなり、中間肥施用区は1.9mm以下で50%を占めた。

考 察

ヒノヒカリは、九州地方では、極良食味であるが耐倒伏性、いもち病耐病性、玄米品質が劣るとされている^{1, 2, 5)}。兵庫県では、いもち病にはやや弱い、耐倒伏性は必ずしも低くない。つまり、兵庫県の気候が九州地方よりもわずかに冷涼であることから、移植期から出穂期までの栄養生長期間が九州地方よりも長くなるために稲体の充実が図られることによって耐倒伏性が高まるものが推察される。しかし、本試験で用いた堆肥連用ほ場では無肥料栽培であっても稲わら還元ほ場の施肥区の稈長と同等以上の伸長程度を示し、施肥区に至っては稈長が90cm以上となっている。また、ヒノヒカリは偏穂重

型品種であるにもかかわらず、堆肥連用ほ場の穂数は常に400本/㎡以上の値を示しており、過繁茂によって倒伏する危険性を常にはらんだ生育量となっている。一穂粒数も堆肥連用ほ場の施肥区は稲わら還元ほ場の施肥区よりも多くなるため、堆肥連用ほ場の㎡当たり総粒数は36.3~42.8千粒も着生している。ヒノヒカリの適正な㎡当たり総粒数は福岡県では30.0~32.0千粒^{3, 4)}、兵庫県でも32.5千粒⁹⁾といわれており、着生粒数が過剰であることは明らかである。

堆肥連用ほ場の稲体が過剰な生育を示すのは、堆肥の連用による土壌養分の集積に起因する^{6, 7, 8)}といわれており、1999年における各ほ場の無肥料区の稲体窒素保有量を比較すると、稲わらを連年全量還元しているほ場の0.67kg/aに対して、おがくず入り牛ふん堆肥を300kg/a相当連年施用しているほ場は1.32kg/aとほぼ2倍であり、稲わら還元ほ場の施肥区よりも高い値となっている。角重⁴⁾は、ヒノヒカリは少ない窒素吸収量でも粒数を確保しやすい反面、成熟期における窒素保有量が1.2kg/a以上では登熟歩合の急激な低下により収量の停滞もしくは低下することを明らかにしている。1999年の試験では、後期追肥によって㎡当たり総粒数は増加するが、登熟歩合が低下して㎡当たり整粒数がいずれの区もほぼ24~25千粒でほぼ等しくなり、収量は52.1~53.8kg/aにとどまった。一方、稲わら還元ほ場の施肥区は㎡当たり総粒数が適正粒数に近く、収量は最も高い値となっている。すなわち、粒が適正な水準を越えて着生しても収量は増加せず、むしろ減収の可能性が高いということがうかがえる。また、ヒノヒカリの特性として、玄米生産効率は必ずしも高くなく⁴⁾、千粒重や粒厚分布は年次により変動しやすい⁵⁾といわれている。本試験においても、玄米生産効率は堆肥連用ほ場でより低くなり、図1に示すように堆肥連用の有無によって粒厚分布に大きな差異を生じている。さらに、堆肥連用ほ場の無肥料区と稲わら還元ほ場の施肥区の全重はほぼ同等であるにもかかわらず、地上部の窒素含有率が茎葉部だけでなく穂部でも高まっている。穂部の窒素含有率は玄米の窒素含有率を反映しており、この値が高いと食味が低下するといわれている¹⁰⁾ので、稲体を適正に生育させることによって、稲体窒素含有率を高めることなく適正粒数を確保しなければ、収量ばかりでなく品質、食味にも大きな影響が及ぶということを本試験結果が明確に示している。さらに、表3に示すとおり、みかけの施肥窒素利用率が稲わら還元ほ場と比較して著しく低い。つまり、多量の堆肥を連用して土壌からの窒素供給量が増加した水田では、施肥等による人為的な生育制御は困難になると思わ

れるので、適正な堆肥の施用量ならびに堆肥連用による土壌から供給される窒素成分の増加量を検討する必要がある。

以上、おがくず入り牛ふん堆肥をアール当たり300kg連年施用した水田でヒノヒカリを栽培すると、無肥料でも旺盛な生育を示すが、収穫期における稲体窒素保有量は適正值をすでに上回り、施肥効率は著しく低く、収量、品質は稲わら還元ほ場区よりも劣る。したがって、ヒノヒカリを堆肥連用水田で栽培する場合は、栽培期間中に土壌から供給される窒素量がアール当たり1.2kgを越えないほ場を選定して、稲体の窒素含量を適正に保ちながら適正粒数を確保できるように施肥しなければならない。そのためには、堆肥の適正施用量並びに土壌からの窒素供給量を把握する方法や、稲体の窒素含量を適正に保ちながら適正粒数を確保する肥培管理方法の確立をめざして、今後とも検討を進める必要があると思われる。

引用文献

- (1) 八木忠之ら(1989): 水稻新品種「ヒノヒカリ」について: 宮崎総農試研報 25, 1~31.
- (2) 原田皓二ら(1989): 福岡県における良食味中生水稻の新奨励品種「ヒノヒカリ」: 福岡農総試研報 A-9, 1~4
- (3) 真鍋尚義ら(1990): 水稻品種ヒノヒカリの栽培法: 福岡農総試研報 A-10, 5~10
- (4) 角重和浩ら(1993): ヒノヒカリの窒素栄養診断 第1報 ヒノヒカリの窒素吸収量と生育・収量との関係: 福岡農総試研報 A-12, 15~18
- (5) 斉藤清男ら(1992): 大分県における中生良食味品種ヒノヒカリについて: 大分県農業技術センター研究報告 22, 41~49
- (6) 出岡裕哉ら(1996): 三重県の農耕地土壌に関する研究 第6報 有機物連用処理が水田土壌と水稻収量に及ぼす影響: 三重県農業技術センター研究報告 24, 87~96
- (7) 梅本英之ら(1999): 有機物連用圃場における水稻の収量変動要因の解析: 石川県農業総合研究センター研究報告 22, 27~33
- (8) 牛尾昭浩(1999): 稲わらと乾燥牛糞連用での肥効と生育: 農業技術大系 土壌肥料編 6 農山村文化協会, 20の1~5
- (9) 牛尾昭浩(2000): 水稻「ヒノヒカリ」の収量・品質安定に向けた施肥法: ひょうごの農業技術 109, 7
- (10) 櫛淵欣也ら(1996): 米の美味しさの科学: 美味しい米 2 農林水産技術情報協会, 31~121