

水稻の無化学肥料栽培におけるナタネ油粕の効果的な基肥施用 法

小川 仁・波多間美貴子・黒島忠司・梯 美仁

The effective method of fertilizer basal application of rapeseed meal in noncommercial fertilizer rice cropping

Hitoshi OGAWA, Mikiko HADAMA, Tadashi KUROSHIMA, Yoshihito KAKEHASHI

要約

小川 仁・波多間美貴子・黒島忠司・梯 美仁(1998): 水稻の無化学肥料栽培におけるナタネ油粕の効果的な施用法. 徳島農試研報, (34): 23 ~ 27

本県で行われているナタネ油粕を用いた水稻の無化学肥料栽培において、基肥施用時期と土壤中の無機態窒素濃度との関係を把握し、効果的な基肥施用法を検討した。

ナタネ油粕を化成肥料の一般的な施肥時期である入水・代かき直前に施肥すると、入水・代かき20日前に施肥する慣行施肥よりも土壤中のアンモニア態窒素濃度は高く推移し、水稻の初期生育も良く、収量も多かった。また、ナタネ油粕は湛水条件では地温が高いほど無機化率が高く推移し、地温10℃では無機化は見られなかった。

キーワード: ナタネ油粕, 水稻, アンモニア態窒素, 無機化率

はじめに

徳島県内における水稻の無化学肥料栽培は平成9年で約60ha行われており⁷⁾、消費者から好評を得ている。この栽培法の特徴は、堆きゅう肥、ナタネ油粕、骨粉等の有機質資材を用い、農薬散布を除草剤の1回使用のみにとどめることがあげられる。このような無化学肥料栽培に関する報告には、化成肥料で栽培した場合より収量性が低い、もしくは不安定としたものが多い^{5,8)}。また、県内の無化学肥料栽培現場でも化成肥料で栽培した水稻と比べて、特に初期生育が悪く、葉色が薄いので、肥料が効いていないのではないかと指摘されている。

本県における水稻への有機質肥料の慣行的な施用時期は化成肥料とは異なり、肥料の無機化を進め、湛水後の異常還元を防ぐという理由から移植20日程前に施肥、移植直前に入水・代かきするというものである。筆者らは、ナタネ油粕を用いた水稻の無化学肥料栽培において、初期生育が悪い等の問題はこの慣行的に行われてきた施肥時期にあるのではと考え、基肥施用、入水・代かき時期と土壤中の無機態窒素濃度との関係を把握し、効果的な基肥施用法を検討したので報告する。

試験方法

1 施用時期が基肥の無機化に及ぼす影響

1997年以前の5年間無化学肥料栽培を行った細粒灰色低地土、多多良統の圃場から採取した土壌を供試し、1/2,000aのワグネルポットにコシヒカリを3本植え、1区4連制で行った。試験区の構成は第1表のとおりであり、入水・代かき処理は1997年5月6日に、移植は5月8日に行った。施肥量は全区とも窒素成分でアール当たり基肥0.7kg(ポット当たり0.56g)、穂肥0.21kg(ポット当たり0.17g)とした。肥料は化成肥料区においてはコシヒカリ専用複合肥料を、無化学肥料系列区においては有機質肥料の窒素源としてナタネ油粕を、リン酸、加里成分を補うために骨粉、草木カリを用いた。土壌中の無機態窒素の調査

は深さ5～15cmの土壌を経時的に採取し、水蒸気蒸留法により定量した。また、地表から10cmの位置で自記地温計により地温を測定した。

第1表 試験区の構成

試験区名	施用時期	肥料
慣行施肥区	入水・代かき20日前	ナタネ油粕,骨粉,草木カリ
入水直前施肥区	入水・代かき直前施肥	ナタネ油粕,骨粉,草木カリ
化成肥料区	入水・代かき直前施肥	BB肥料(塩安,苦土リン安,加工リン酸,ケイ酸カリ)

2 基肥の施用時期が水稻の生育,収量に及ぼす影響

場内圃場(細粒灰色低地土, 多多良統)において1995年は5月18日, 1996年は5月20日にコシヒカリを移植し, 栽植密度は2年とも m^2 当たり約20株とした。試験区の構成は1と同様に第1表のとおりで1区 $30m^2$ とし, 全区に移植後7日目に除草剤処理し, 病虫害防除は実施しなかった。施肥量は全区とも窒素成分でアール当たり基肥0.35kg, 穂肥0.21kgとした。肥料は1と同様の肥料を使用した。ナタネ油粕は粒状のものを用いた。水稻の生育調査は, 1区当たり15株調査し, 収量は, 1区当たり50株採取し調査した。

3 施肥量が水稻の生育,収量に及ぼす影響

試験は前年に2の試験を行った場内圃場を使い, 供試品種はコシヒカリで, 1997年5月19日に移植し, 栽植密度は m^2 当たり約20株とした。試験区の構成は第2表のとおりで1区 $30m^2$ とし, 全区とも移植7日目に除草剤処理をし, 病虫害防除は実施しなかった。施肥量は入水直前施肥区, 化成肥料区が窒素成分でアール当たり基肥0.35kg, 穂肥0.21kgとし, 入水直前増肥区の増肥割合は, 化成肥料に対するナタネ油粕の窒素無機化率が70～80%³⁾と仮定し, 入水直前施肥区の施肥量の3割増肥とした。肥料は2と同様のものを使用した。水稻の生育調査は1区当たり15株調査し, 収量は, 1区当たり50株採取し調査した。

第2表 試験区の構成

試験区名	肥料	施肥量(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)(kg/a)
入水直前施肥区	ナタネ油粕,骨粉,草木カリ	0.56-0.80-0.56
入水直前増肥区	ナタネ油粕,骨粉,草木カリ	0.73-1.04-0.73
化成肥料区	BB肥料	0.56-0.80-0.56

注)各試験区とも, 入水・代かき直前に施肥。

4 ナタネ油粕の湛水下における窒素無機化

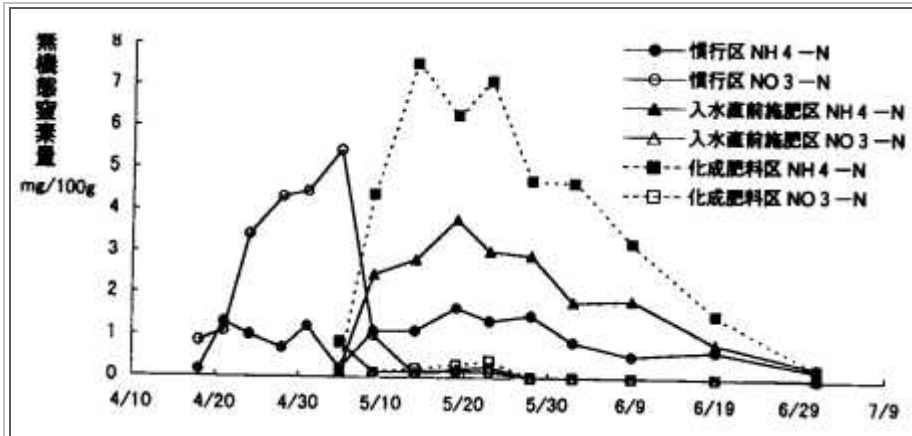
実験室内において, ナタネ油粕の湛水条件下での窒素無機化特性を調べた。1と同様の乾土20gに粉砕機で細かくしたナタネ油粕を窒素成分で10mg相当量混合し培養ビンに入れ, 蒸留水を30ml加え湛水状態にした。そして10, 15, 20, 30 の条件下でインキュベーションを行った。経時的にとりだし20%塩化カリウム液を添加, 30分振とう後ろ液について水蒸気蒸留法により無機態窒素を定量した。対照として化成肥料を用い10, 30 条件下で同様の試験も行った。

試験結果

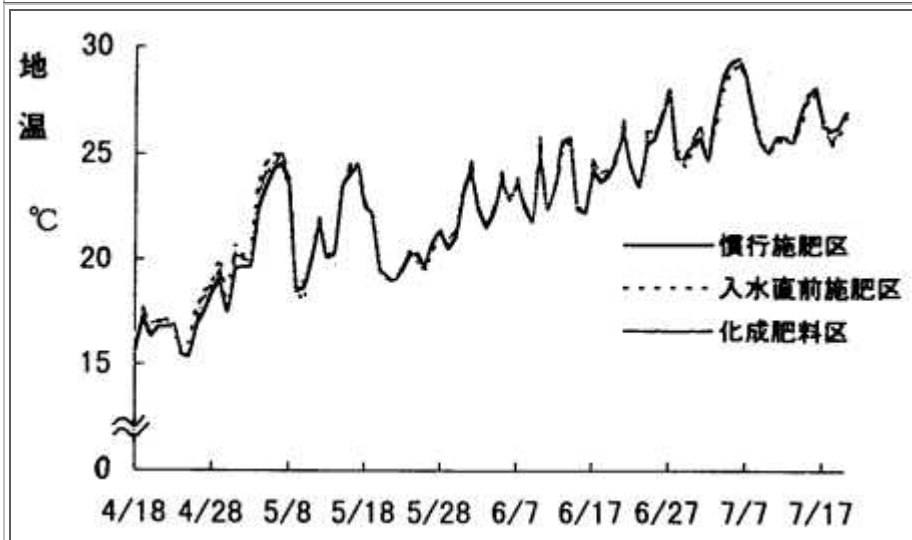
1 基肥の施用時期が無機化に及ぼす影響

第1図に基肥の施用時期を変えたときの無機態窒素の経時変化を示した。入水直前施肥区のアンモニア態窒素は、入水・代かき直後から約1ヶ月に渡り、慣行施肥区の2倍近い値で推移した。慣行施肥区は、施肥後硝酸化成をおこした結果と思われる硝酸態窒素の急激な増加がみられたが、入水直後に激減した。全区ともに、入水・代かき後は硝酸態窒素の増加はみられず、代わってアンモニア態窒素の増加が認められ、入水・代かき後20日頃をピークに減少した。同じ施肥量でも有機質肥料区の無機化したアンモニア態窒素量は最大でも化成肥料区のアンモニア態窒素量の5割程度であった。

4月中旬から7月中旬におけるポットの地温を第2図に示したが、試験区間での差はほとんどなく、全期間を通して15 ~ 30 の間にあった。



第1図 施用時期別の土壌中無機態窒素の推移



第2図 ポットの平均地温(地表から10cmで測定)

2 基肥の施用時期が水稻の生育,収量に及ぼす影響

第3表に移植後40日頃に行った水稻の生育状況を示した。1995, 1996年ともに化成肥料区, 入水直前施肥区, 慣行施肥区の順に草丈が高く, 茎数が多かった。

収穫時の水稻の生育, 玄米収量は第4表に示した。移植後40日頃に行った生育調査と同じ傾向で, 化成肥料区, 入水直前施肥区, 慣行施肥区の順に稈長が長く, 穂数が多かった。玄米収量では1995, 1996年ともに化成肥料区が最も多かった。入水直前施肥区は化成肥料区に比べ1割前後劣ったが, 慣行施肥区より多かった。但し1996年は台風の影響等で倒伏し, 玄米収量が前年に比べて大きく劣り, 特に化成肥料区においては甚だしかった。

第3表 施用時期が水稻の生育に及ぼす影響

試験区	草丈(cm)		茎数(本/株)		葉色	
	1995	1996	1995	1996	1995	1996

慣行施肥区	46.4 60.5	24.6 18.5	41.1 37.4
入水直前施肥区	50.0 66.9	27.7 21.7	40.9 40.1
化成肥料区	52.9 72.3	32.8 24.4	41.2 41.4

注)調査は1995年,1996年それぞれ移植後43,42日目に行った。
葉色は葉緑素計SPAD 502による計測値。

第4表 基肥の施用時期が収穫時の生育・玄米収量に及ぼす影響

試験区	稈長(cm)		穂数(本/m ²)		玄米収量(kg/a)	
	1995	1996	1995	1996	1995	1996
慣行施肥区	86	84	358	276	57.2(80)	39.5(88)
入水直前施肥区	92	87	393	307	60.9(85)	41.9(94)
化成肥料区	96	96	424	379	71.7(100)	44.8(100)

注)()は化成肥料区を100とした指数。

3 施肥量が水稻の生育, 収量に及ぼす影響

移植後45日目に行った水稻の生育状況を第5表に示した。草丈は無化学肥料系列区よりも化成肥料区が最も高かったが, 茎数, 葉色は入水直前増肥区が化成肥料区を上回った。

収穫時の水稻の生育, 玄米収量は第6表に示した。無化学肥料系列区では増肥区が慣行量区より稈長が長く, 穂数が多かった。入水直前増肥区は, 穂数が化成肥料区より多かった。

玄米重においては, 入水直前増肥区は化成肥料区を上回ったが, 入水直前施肥区は化成肥料区より1割程度減収した。

第5表 施肥量が水稻の生育に及ぼす影響

試験区	草丈(cm)	茎数(本/株)	葉色
入水直前施肥区	58.8	17.3	39.2
入水直前増肥区	60.9	20.8	41.5
化成肥料区	62.5	19.8	40.7

注)調査は移植後45日目に行った。

葉色は葉緑素計SPAD-502による計測値。

第6表 施肥量が収穫時の生育・玄米収量に及ぼす影響

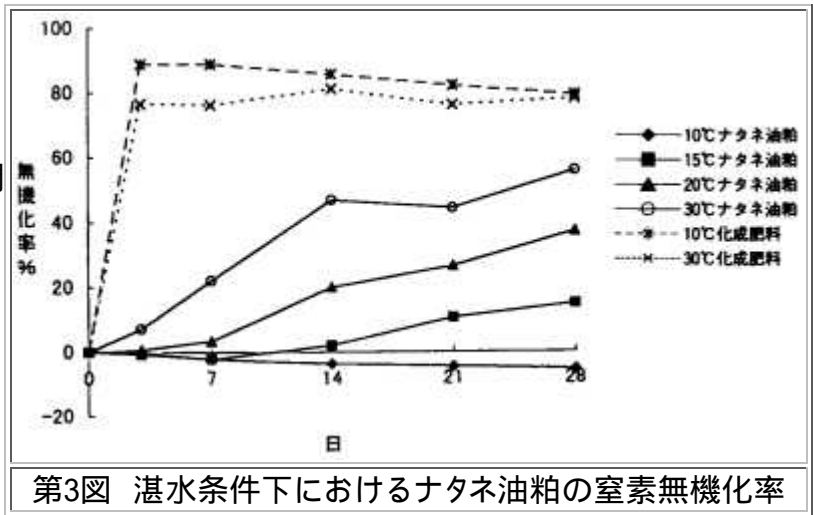
試験区	稈長(cm)	穂数(本/m ²)	玄米収量(kg/a)
入水直前施肥区	91	316	59.7(95)
入水直前増肥区	95	379	67.8(107)
化成肥料区	95	367	63.1(100)

注)()は化成肥料区を100とした指数。

4 ナタネ油粕の湛水下における窒素無機化

湛水条件下でのナタネ油粕の窒素無機化率は、第3図に示したとおり温度が高いほど高く推移した。10 条件下では窒素無機化率は負の値を示し、4週間後も無機化はみられなかったが、15 では2週間後から無機化がみられた。

化成肥料は温度に影響されることなく試験開始後3日目には添加量のおよそ80%が土壤中に溶出した。湛水条件下での有機質肥料の無機化速度、率ともに化成肥料に比べて大きく劣り、また温度による影響が大きかった。



第3図 湛水条件下におけるナタネ油粕の窒素無機化率

考察

1 土壌中の無機態窒素の推移

畑状態におけるナタネ油粕の窒素無機化特性は、多数報告されている^{2,4,9}。許斐らは土壤水分を最大容水量の60%に調整し、30 でインキュベーションを行った時のナタネ油粕の無機化率は、1週間後にはおよそ60%、4週間後には70～80%に達する⁴と報告している。本試験でも施肥後20日程度畑状態で放置した慣行区では、入水前までに土壤中で硝酸化成が認められ、ナタネ油粕がアンモニア態窒素を經過し硝酸態窒素へと変化し、無機化が速やかにおこっていることが認められた。

一般に水田中の硝酸態窒素は、下層への浸透や漏水による流亡、還元層での脱窒による窒素ガスの揮発が起こり⁶、土壌に吸着するアンモニア態窒素に比べて損失が多い。本試験でも慣行施肥区は、入水・代かき直後に作土層の硝酸態窒素が急激に減少しており、前述した理由により施肥に由来する窒素が損失したものと考えられた。一方、入水・代かき直前に施肥すると硝酸態窒素の増加はみられず、入水・代かき後のアンモニア態窒素が慣行施肥区よりも高く推移するので、有機質肥料の入水・代かき直前施肥はアンモニア態窒素の硝酸化成を抑制し、無機態窒素の流亡を防げることが明らかになった。

2 水稻の生育・収量

有機質肥料のみで水稻を栽培した場合に、化成肥料で栽培するよりも初期の生育が悪く、その結果減収することが多い⁵。その原因は土壌中の無機態窒素の推移で明らかになったように、畑状態で無機化した硝酸態窒素が流亡、もしくは窒素ガスになって揮発し、水稻が利用できる窒素が少ないためと考えられた。また、同じ施肥量でも有機質肥料は化成肥料に比べて窒素無機化量が少ないこともあげられる。本試験でも収量は化成肥料区に比べて有機質肥料施用の慣行施肥区では1～2割減収した。無機態窒素のロスが少ないと思われた入水・代かき直前施肥区では慣行施肥区より増収したが、化成肥料区よりは減収した。しかし、ナタネ油粕の窒素無機化量が化成肥料のそれと比べて劣ると想定しナタネ油粕を増肥すると、収量、生育は化成肥料区並となった。

入水・代かき直前にナタネ油粕を施肥すると、分解時に有害物質が生成し、水稻の生育に障害を及ぼす影響が懸念されるが、葭田は、実際の水田ではたとえ有害物質が生成したとしても湛水により希釈されるため、生育障害は認められない⁸と述べている。一方井上らは、入水・代かき直前にナタネ油粕を窒素成分でアール当たり0.86kg施肥した結果、活着障害を起こしたが、入水代かきの1週間前に同量施肥すると、障害は認められなかった³と報告している。本試験では、基肥施用量が最大でも窒素成分でアール当たり0.7kgと井上らの報告よりも少なく、入水・代かき直前にナタネ油粕を施肥しても、移植後の生育に何ら異常は認められなかった。徳島県的水稻における施肥基準は、基肥で施用量の多い品種でも窒素成分でアール当たり0.5～0.6kgと設定されていることから、施肥基準にそった施用量の範囲であれば一般的に化成肥料を施用している時期、すなわち入水・代かき直前にナタネ油粕を施肥しても生育障害は出ないと考えられる。

3 地温が湛水土壤中での窒素の無機化に及ぼす影響

有機質肥料の無機化には土壤微生物が関与しておりその活性は地温に影響を受ける^{2,4)}。特に湛水土壤中では、畑状態に比べて地温の影響を受けやすく、本試験でもナタネ油粕の窒素無機化率は、温度が高いほど高く推移した。一般に土壤中では、15℃以上で硝化作用が起こる¹⁾といわれること、本試験において湛水土壤中で地温が約15℃以上のときナタネ油粕の無機化が起こったこと等から、ナタネ油粕は入水・代かき直前に施肥し、湛水中で無機化を進めた方が効果的と考えられる。

また、徳島県北部に位置する当試験場の平均地温が15℃以上になるのは4月上旬から中旬で、県内で最も早植えの県南地域の移植時期は4月上旬以降ということから、ほぼ地温が15℃を超える頃から移植が始まるともいえる。

以上のことから本県の水稲栽培においてナタネ油粕を施用する場合は、慣行的に行われている入水・代かき20日前施肥よりも、入水・代かき直前に施肥するほうが、土壤中のアンモニア態窒素量は高く推移し、水稲の初期生育が良く、収量増に結びつくと考えられる。

摘要

ナタネ油粕を用いた水稲の無化学肥料栽培において、基肥施用時期と土壤中の無機態窒素濃度との関係を把握し、最適な基肥施用法を検討した。

- 1 入水・代かき直前にナタネ油粕を施肥すると、入水・代かき20日前に施肥した慣行施肥より土壤中のアンモニア態窒素は高い濃度で推移した。慣行施肥は施肥後土壤中での硝酸化成が起こり、入水・代かき後もアンモニア態窒素は低く推移した。
- 2 入水・代かき直前にナタネ油粕を施肥すると、入水・代かき20日前に施肥した慣行施肥に比べて水稲の初期生育が良く、玄米収量も増加した。
- 3 ナタネ油粕を慣行量から3割増肥すると、化成肥料で栽培した場合と同等の玄米収量が得られた。
- 4 湛水条件下におけるナタネ油粕の窒素無機化率は地温が高いほど高く推移し、15℃以上で無機化がみられた。

引用文献

- 1) 土壤微生物研究会編(1981): 土の微生物, 博友社(東京): 366.
- 2) 藤沼善亮・田中房江(1972): 有機質肥料に関する研究(第1報)各種有機質肥料の窒素の無機化について, 農技研肥料化学科資料, 168: 1~45.
- 3) 井上恵子・山本富三・角重和浩・末信真二(1991): 水稲に対するナタネ油粕の施用法, 福岡県農総試研報, A-11: 9~14.
- 4) 許斐健治・中島靖之・伊東嘉明(1984): 野菜に対する有機質肥料の施用効果(第1報)有機質肥料の窒素無機化パターン, 福岡県農総試研報, B-4: 63~66.
- 5) 三幣正己(1973): 有機質肥料に関する研究(第2報)動植物かす類の肥効の検討I, 農技研肥料化学科資料, 168: 49~76.
- 6) 三井進午(1978): 水田の脱窒現象 - 発現と波紋 -, 養賢堂(東京): .
- 7) 徳島県環境保全型農業推進協議会(1998): 徳島県有機農産物生産・流通関係者リスト.
- 8) 葭田隆治(1990): 農業技術体系, 作物編2, 農文協(東京): 522の32~37.
- 9) 全農肥料農薬部(1988): 新有機質肥料の種類別肥効特性試験, 17~31.