

造成田における水稻，裸麦に対する 三要素および堆肥の連年施用効果

林 基太郎・川口公男・岡田俊美

Effect of yearly application of fertilizer and compost on
the rice and the naked barley in a reclaimed paddy field

Jintaro Hayashi, Kimio Kawaguchi and Toshimi Okada

はじめに

基盤整備などによって造成された水田は，理化学性の悪化などにより作物の生産力は不安定になりやすい。このため造成田における作物の生産力向上のため，施肥の合理化や土づくりに関する研究が必要と思われる。

本試験は農業試験場の移転にともなって造成された水田で，水稻及び裸麦について試験を行ったもので，肥料の三要素である窒素，リン酸，カリの天然供給量や施用効果について検討するとともに，無肥料栽培を続けた場合の収量の変化および土づくりに極めて効果の高い堆肥の連年施用効果について試験したものである。

試験方法

この試験は，1971年に農業試験場の移転にともなって新設した1㎡のコンクリート枠を用いて，2区制で実施した。供試土壌は基盤整備田と同じもので第一表に示すように腐植の少ない生産力の極めて低い土壌であった。

第1表 供試土壌調査(1971)

調査深度 (cm)	土性	腐植 (%)	粗密度	pH		EC ($\frac{mS}{cm}$) (1:3)
				H ₂ O	KCl	
0~9cm	SiCl	2.2	16	7.25	6.60	0.37
9~20cm	SiCl	2.2	23	7.06	6.33	0.23

水稻の栽培は，普通期水稻とし，6月上旬に稚苗を手植した。供試品種は1971年アキツホ，1972

~1974年ヤマビコ，1975~1976年ミネユタカ，1977~1981年は日本晴などの奨励品種または，準奨励品種を用い栽植株数は，㎡当たり16株とし，1株3本植とした。また，裸麦は11月中旬播きの一般栽培とし，播種量は，㎡当たり5gで，2条播きの畦立栽培とした。供試品種は奨励品種のユウナギハダカを用いた。試験の期間は，三要素試験が1971~1981年，堆肥の施用試験は1973~1981年である。なお麦に対する堆肥の施用試験は初年度の1973年播種が雀害のため調査不能となり1974年播種(1975年産)から調査した。

第2表 三要素および堆肥施用試験区の構成(kg/a)

	元 肥			總 肥		各成分計			堆 肥
	窒 素	リン 酸	カ リ	窒 素	リン 酸	窒 素	リン 酸	カ リ	
無肥料区	0	0	0	0	0	0	0	0	0
無窒素区	0	0.6	0.6	0	0.4	0	0.6	1.0	0
無リン酸区	0.6	0	0.6	0.4	0.4	1.0	0	1.0	0
無カリ区	0.6	0.6	0	0.4	0	1.0	0.6	0	0
三要素区	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	1.0	0.6	1.0	0
堆肥無施用区	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	1.0	0.6	1.0	0
堆肥0.1t/a区	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	1.0	0.6	1.0	100
堆肥0.2t/a区	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	1.0	0.6	1.0	200
堆肥0.5t/a区	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	1.0	0.6	1.0	500
堆肥1.0t/a区	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	1.0	0.6	1.0	1000

注：堆肥の成分は含まれていない。

各試験区の処理内容は第2表のとおりである。施用量は水稻，裸麦共通とし，供試肥料は水稻に硫酸，過リン酸石灰，塩化加里を用いた。また，

堆肥は水稻、裸麦とも稲わら堆肥を施用した。稲わら堆肥は前年度に生産されたものに硫安を20kg、石灰30kgを1tのわらに混入し、これに水を加え

て堆積したものをういた。なお、三要素、堆肥とも水稻、裸麦の各作ごとに毎年同じ処理をくりかえした。

試験結果および考察

三要素の連年施用と収量

第3表 三要素試験における水稻の収量 (1971~1981)

試験年次	1971	1972	1973	1974	1975	1976	6年間平均	1977	1978	1979	1980	1981	5年間平均	総平均
無肥料区 収量(kg/a) (比率)	24.0 (76)	33.2 (61)	28.4 (73)	25.7 (55)	20.7 (58)	18.5 (51)	25.3 (62)	30.3 (58)	21.2 (43)	35.5 (69)	23.8 (58)	25.1 (59)	27.2 (57)	26.0 (60)
無窒素区 収量(kg/a) (比率)	25.1 (79)	32.5 (60)	30.0 (75)	26.2 (56)	18.0 (51)	21.9 (60)	25.6 (64)	32.1 (61)	18.8 (39)	32.7 (64)	20.5 (50)	19.2 (45)	24.7 (52)	25.2 (58)
無リン酸区 収量(kg/a) (比率)	29.5 (93)	47.2 (87)	27.3 (96)	42.9 (92)	27.7 (78)	27.7 (77)	35.4 (87)	50.4 (96)	30.4 (62)	40.9 (80)	38.7 (94)	33.9 (80)	38.9 (82)	37.0 (85)
無カリ区 収量(kg/a) (比率)	33.3 (105)	52.6 (97)	36.6 (94)	44.6 (95)	30.6 (86)	28.0 (77)	37.6 (92)	50.6 (96)	43.8 (89)	50.8 (99)	38.8 (94)	37.7 (88)	44.3 (93)	40.6 (93)
三要素区 収量(kg/a) (比率)	31.6 (100)	44.5 (100)	38.8 (100)	46.8 (100)	35.4 (100)	36.2 (100)	40.6 (100)	52.7 (100)	48.8 (100)	51.2 (100)	41.2 (100)	42.4 (100)	47.3 (100)	43.6 (100)

水稻については第3表に示すように、三要素区を100とした場合、無肥料区の11年間の平均収量は60であるが、比較的収量の低い前半6年間(1971~1976)は62であり、比較的収量の高くなった後半5年間(1977~1981)の平均収量は57で前半6年間よりやや低くなっている。無窒素区の平均収量は、三要素区に対して58となり、無肥料区よりかえって低くなった。これは前半6年間の収量は無肥料区よりやや高いが、後半5年間の収量が低くなったのが原因と思われる。窒素は作物の生産に最も重要であるが、本試験のように造成田の場合はとくに必要性が高いと思われる。このため窒

素を施用しない無肥料区および無窒素区の収量が低くなったものと思われる。また、無窒素区のように窒素を施さないでリン酸およびカリを施用しても収量は増加しないと思われる。無リン酸区は11年間の平均収量は三要素区の85であるが、前半の6年間の平均収量87に対して、後半5年間の平均収量は82であり、年数の経過にともない収量は低くなる傾向がみられている。無カリ区の11年間の収量は三要素区の93であるが、前半6年間の収量は92で、後半5年間においても93であり、三要素区に最も近い収量が得られた。

第4表 三要素試験における裸麦の収量 (1972~1981)

試験年次	1972	1973	1974	1975	1976	5年間平均	1977	1978	1979	1980	1981	5年間平均	総平均
無肥料区 収量(kg/a) (比率)	7.9 (38)	11.1 (42)	11.6 (93)	15.0 (68)	11.3 (37)	11.4 (51)	24.5 (44)	23.5 (44)	19.5 (31)	29.5 (46)	23.5 (50)	24.1 (43)	17.7 (44)
無窒素区 収量(kg/a) (比率)	8.7 (42)	12.5 (48)	12.4 (99)	16.1 (73)	12.5 (41)	12.5 (56)	34.8 (62)	23.3 (44)	27.5 (44)	31.0 (48)	24.7 (52)	28.3 (50)	20.44 (52)
無リン酸区 収量(kg/a) (比率)	17.7 (86)	25.6 (97)	12.9 (103)	25.3 (114)	32.0 (105)	22.7 (101)	50.3 (90)	46.5 (78)	60.5 (96)	56.5 (88)	49.9 (106)	52.7 (93)	37.8 (96)
無カリ区 収量(kg/a) (比率)	20.1 (98)	27.7 (105)	14.3 (114)	27.1 (121)	34.3 (112)	24.7 (110)	56.8 (101)	41.1 (78)	57.0 (91)	63.0 (98)	46.9 (100)	53.0 (94)	38.8 (98)
三要素区 収量(kg/a) (比率)	20.6 (100)	26.3 (100)	12.5 (100)	22.1 (100)	30.5 (100)	22.4 (100)	56.0 (100)	52.7 (100)	63.0 (100)	64.3 (100)	47.1 (100)	56.6 (100)	39.5 (100)

裸麦については第4表に示すように三要素区の収量に対して、無肥料区の10年間の平均収量は44であるが、前半6年間の平均収量51に対して、後半5年間の平均収量が43となって試験年数の経過にしたがって収量の低下がみられている。無窒素区は10年間の平均収量が三要素区の収量に対し55であったが、前半5年間の収量が62に対して後半5年間は50であり、年次が経過するにしたがって収量の低下がみられた。

無リン酸区の10年間の平均収量は三要素区の96であるが、前半5年間は101であり三要素区と収量の差はみられない。しかし、後半5年間は93と収量は減少した。無カリ区は10年間の平均収量が三要素区の収量に対して98であり、三要素区と収量差が少ないが、これは前半5年間の平均収量が110と高いためであるが、後半5年間は94と低くなった。

三要素と作物の収量については原田¹⁾伊藤⁴⁾の報告によれば、全国の農試において1916~1946年までの30年間行った試験結果は水稻の場合三要素の収量を100とした場合、無肥料区78、無窒素区83無リン酸区95、無カリ区96であり、麦類では無肥料区39、無窒素区50、無リン酸区69、無カリ区78であったことが報告されている。また、この結果から肥料三要素の天然供給量は水稻に対して多く、麦類などの畑作物に対しては極めて少ないといわれるが、これを各成分別にみれば水稻に対しては、三要素の中では窒素が最も少なく、リン酸およびカリは天然供給量が多い。また、麦類では三要素の窒素、リン酸、カリとも少ないが、とくに窒素とリン酸の供給量が少ないといわれている。

本試験は生産力の低い造成田において行ったが、上記結果とほぼ同じ傾向がみられた。しかし、水稻の場合三要素区の収量に対する比率が無肥料、無窒素、無リン酸、無カリの各区とも全国農試の行った試験結果の収量割合を下回っている。しかも試験年次が進むにしたがって収量が低くなる傾向がみられている。とくに無窒素区および無肥料区では収量の低下率が大きく、また、無リン酸区についても、無窒素や無肥料に比べ減収率は少ないが、試験年次が進むにしたがって収量は低下する。裸麦については、全国農試で行った試験結果の傾向に近いが、無リン酸および無カリの減収

率が少なくなっている。

以上の結果から造成田を対照とした本試験においては、水稻の場合、全国の農試で行った試験結果に比べて、各要素の無施用区の収量からみた三要素の天然供給量は極めて少ないことが明らかになったが、とくに、窒素およびリン酸の供給量が少ないと思われる。裸麦については、水稻とちがって三要素の天然供給量は全国の農試で行った試験結果に比しやや多い結果が得られたが、試験年次が進むにしたがって天然供給量は少なくなる傾向にある。

第5表 三要素試験区土壌分析 (1981)

	E C		pH		N (%)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)
	腐植 (%)	(mS/cm) (1:2)	H ₂ O	KCl			
無肥料区	1.62	0.30	6.77	6.26	0.16	14	4
無窒素区	1.78	0.42	6.81	6.38	0.19	38	9
無リン酸区	1.87	0.93	6.03	5.69	0.19	13	5
無カリ区	1.97	0.96	6.12	5.77	0.20	32	4
三要素区	1.93	1.08	6.16	5.87	0.20	30	5

三要素試験を11年間継続した土壌の分析結果を第5表に示したが、腐植の含量は第1表に示した供試土壌に比べて、三要素区が最も高くなっており、ついで無カリ区、無リン酸区の順位で増加したが、無窒素区および無肥料区は腐植の増加はみられなかった。また、腐植の含量は地上部の生育量に比例する傾向がみられた。またECは、無肥料区および無窒素区は供試土壌に対する変化はみられないが、三要素区、無カリ区、無リン酸区は高くなった。三要素の含量は、窒素は無肥料区がやや低く、リン酸は無リン酸区および無肥料区が少なく、カリは無カリ区および無肥料区が少なくなっている。このことは、造成田において11年間つづけた三要素の施用量が蓄積され、作物の生育、収量に影響を及ぼしているものと思われるが、窒素は連年施用による蓄積が少ないことが明らかであった。

堆肥の連年施用効果

水稻に対する堆肥の連年施用と収量の関係について第6表に示したが、9年間連用した場合の収量は、堆肥の無施用区を100として、0.1t/a施用で102、0.2t/a施用で106、0.5t/a施用で124、1.0t/a施用で136となり堆肥の施用量に比例して

第6表 堆肥の連年施用と水稻の収量 (1973~1981)

試験年次	1973	1974	1975	1976	1977	5年間平均	1978	1979	1980	1981	4年間平均	総平均
堆肥無施用区 収量(kg/a) (比率)	30.1 (100)	31.8 (100)	24.1 (100)	21.2 (100)	43.2 (100)	30.1 (100)	36.7 (100)	46.6 (100)	36.0 (100)	49.3 (100)	42.2 (100)	35.4 (100)
堆肥0.1t/a区 収量(kg/a) (比率)	28.9 (90)	29.3 (92)	22.0 (92)	23.0 (109)	43.2 (100)	29.3 (97)	37.5 (102)	46.2 (99)	41.0 (114)	54.1 (110)	44.7 (106)	36.2 (102)
堆肥0.2t/a区 収量(kg/a) (比率)	25.8 (86)	28.3 (120)	24.2 (100)	29.6 (140)	42.9 (99)	30.2 (100)	40.1 (109)	49.9 (107)	41.6 (116)	54.8 (111)	46.6 (110)	37.5 (106)
堆肥0.5t/a区 収量(kg/a) (比率)	25.0 (83)	40.2 (126)	25.5 (106)	32.0 (151)	56.3 (130)	35.8 (119)	49.6 (135)	62.2 (134)	47.4 (132)	57.2 (116)	54.1 (128)	43.9 (124)
堆肥1.0t/a区 収量(kg/a) (比率)	21.5 (71)	41.4 (130)	33.3 (138)	38.5 (182)	62.8 (145)	39.5 (131)	60.7 (165)	71.0 (152)	43.1 (120)	58.8 (119)	58.4 (138)	47.9 (135)

収量が増加する傾向がみられた。また、これを試験年数からみれば、堆肥施用の初年日は各区とも堆肥無施用区より減収したが、減収の程度は堆肥の施用量に比例して多くなった。しかし、堆肥施用2年目から堆肥0.1t/a区以外では施用効果が現われはじめ、1973~1977年の前半5年間の収量は堆肥無施用区に対し0.1t/a区98、0.2t/a区109、0.5t/a区119、1.0t/a区133で、堆肥の施用量に比例して収量が増加したが、増加率も大であった。また1978~1981の後半4年間の平均収量は、堆肥無施用区に対して、0.1t/a区106、0.2t/a区111、0.5t/a区129、1.0t/a区136で各施用量とも前

半5年間と同じように堆肥の施用量に比例して、収量は増加したが、施用量の増加による収量の増加は年毎に少なくなる傾向がみられる。とくに、1.0t/a施用区はこの傾向が大であり、低温で日照の不足した1981年は登熟が悪く、0.5t/a施用区より収量が少なくなった。しかし、施用量の少い0.1t/a施用区および0.2t/a施用区は9年間連年施用しても収量は毎年増加していることから、水稻に対して9年間堆肥を連用した場合、施用量による収量の差は少なくなる傾向がみられた。

裸麦に対する堆肥の連年施用効果は第7表に示すように、1975~1981年までの7年間の平均収量

第7表 堆肥の連年施用と裸麦の収量 (1975~1981)

試験年次	1975	1976	1977	3年間平均	1978	1979	1980	1981	4年間平均	総平均
堆肥無施用区 収量(kg/a) (比率)	23.7 (100)	25.0 (100)	42.0 (100)	30.2 (100)	45.9 (100)	55.5 (100)	57.5 (100)	45.4 (100)	51.1 (100)	42.1 (100)
堆肥0.1t/a区 収量(kg/a) (比率)	28.1 (122)	26.3 (105)	52.5 (125)	35.9 (117)	51.2 (112)	56.0 (101)	54.8 (95)	50.5 (111)	40.3 (104)	45.9 (109)
堆肥0.2t/a区 収量(kg/a) (比率)	25.0 (106)	26.6 (106)	58.0 (138)	36.5 (117)	52.9 (115)	60.5 (109)	64.3 (112)	52.5 (116)	57.6 (113)	48.5 (115)
堆肥0.5t/a区 収量(kg/a) (比率)	31.8 (134)	27.0 (108)	62.0 (148)	40.3 (130)	29.3 (129)	73.0 (132)	70.8 (123)	56.7 (125)	65.0 (127)	54.4 (129)
堆肥1.0t/a区 収量(kg/a) (比率)	33.8 (143)	26.8 (107)	63.0 (150)	41.2 (133)	76.8 (167)	68.0 (123)	85.0 (148)	57.0 (126)	71.7 (141)	58.6 (139)

は堆肥の無施用区に対して、0.1t/a施用区が110、0.2t/a施用区が115、0.5t/a施用区129、1.0t/a施用区138であり収量は堆肥の施用量に比例して増加した。麦に対する堆肥の施用は前作の水稻に対しては1971年から施用し、麦作に対しても雀害の

ため収量調査不能となった、1974年産(1973播種)から堆肥を施用していることにもよるが、調査初年から施用効果が高く、連年施用8年目においても堆肥の施用効果が高く、堆肥の施用量に比例して収量が高くなる傾向がつづいている。

第8表 堆肥連用試験区三要素等調査 (1981)

	仮比重 (%)	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)	孔隙 (%)
堆肥無施用区	1.040	40.0	55.2	4.8	60.0
堆肥0.1t/a区	0.938	36.1	53.0	10.9	63.9
堆肥0.2t/a区	0.868	33.4	55.9	10.7	66.6
堆肥0.5t/a区	0.862	33.2	58.7	8.1	66.8
堆肥1.0t/a区	0.694	26.7	61.8	11.5	73.3

堆肥を連年施用した土壌の物理性について第8表に示した。仮比重および固相は堆肥の施用量に反比例して減少する。その反面孔隙量(液相+気相)は堆肥の施用量に比例して増加する傾向がみられた。作物の生育に重要な土壌の通気性などの物理性の改善効果は高いと思われる。また、堆肥の連用と成分の変化については第9表に示めた。堆

第9表 堆肥連用試験区土壌分析 (1981)

	腐植 (%)	pH		E C (mS/cm 1:2)	N (%)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)
		H ₂ O	KCl				
堆肥無施用区	1.80	6.35	5.99	0.89	0.18	26	6
堆肥0.1t/a区	2.12	6.33	5.91	1.04	0.23	31	7
堆肥0.2t/a区	3.15	6.62	6.22	1.11	0.30	32	12
堆肥0.5t/a区	4.94	6.96	6.63	1.02	0.44	52	37
堆肥1.0t/a区	5.44	6.97	6.63	1.37	1.15	61	79

肥無施用区に比し、堆肥施用区は施用量に比例してE Cが高くなり、土壌反応は中性化の傾向がみられた。また、腐植、窒素、リン酸、カリについても堆肥の施用量に比例して蓄積量が増加した。堆肥の効果について、本谷³⁾鎌田⁵⁾等は堆肥施用により窒素が緩効化されること、窒素が集積されやすくなること、腐植の増加および通気性の増加等の物理性の改善による根の活力が維持される等の効果があり、作物の収量を増加するが、特に高水準の収量を得るためには堆肥の施用は欠くことはできないとされている。また、原田¹⁾伊藤⁴⁾河本⁵⁾らによれば、化学肥料に堆肥を併用すれば、窒素、リン酸、カリ等の三要素の施用効果が高くなることを報じている。本報告についても同様の結果が得られており、水稻および裸麦に対する堆肥の連用効果が高く、堆肥の施用量に比例して収量が増加した。また、堆肥の施用量に応じて腐植

や三要素の蓄積が多く、とくに窒素の蓄積が多くなり、孔隙量の増加等がみられたが、これが収量増加の要因と思われる。ただし、本報告の水稻に対する堆肥の多量連用をつづけた場合、数年目から収量増加率の低下がみられている。この原因として考えられるのは、E Cおよび窒素濃度が異常に高くなることなどが考えられる。このため、本試験のような造成田において水稻および麦類に対する堆肥の有効な利用法としては、はじめ数年間は、0.5~1.0t/aと多量に施用をつづけるのが効果が高く、その後は0.1~0.2t/aに施用量を減じ連用するのがよいと思われる。

摘 要

造成田における水稻および裸麦に対する三要素の施用効果および堆肥連年施用効果について試験を行ったが、三要素試験は、1971~1981年の11年間、堆肥の連用試験は1973~1981年の9年間の試験結果をまとめたものである。

- 1 三要素試験では、水稻の場合三要素施用区を100として、無肥料区60、無窒素区58、無リン酸区85、無カリ区93、裸麦では無肥料区45、無窒素区52、無リン酸区95、無カリ区98の収量が得られた。
- 2 堆肥の連年施用効果は水稻、裸麦ともに極めて高く、収量は堆肥の施用量が多くなるにしたがって、増加するが、水稻の場合多量連用区では施用をはじめて数年目から収量の増加率が低下しはじめ、少量連用区との差が少なくなった。
- 3 堆肥連用により、土壌は孔隙率の増加、窒素の蓄積などがみられたが、その程度は堆肥施用量に比例して増加し、作物の収量を増加させたと思われる。しかし、多量連用区ではE C、窒素濃度、孔隙率が異常に高く収量の増加率を低くしていると思われる。
- 4 造成田における堆肥の有効な施用法は、はじめ数年間は多量の堆肥(0.5~1.0t/a)を連用し、その後は施用量を減じ(0.1~0.2t/a)連用する

のが効果が高いと思われる。

文 献

- 1) 原田登五郎(1955)：水田土壌，作物の生理生態。朝倉書店(東京)，392～419.
- 2) 広瀬春郎(1973)：稲わらおよび稲わら堆肥の分解とアンモニア態窒素の有機化過程。土肥誌，44(16)：211～216.
- 3) 本谷耕一(1975)：稲わら堆肥と地力。農業技術，30(11)：485～489.
- 4) 伊藤隆二(1952)：水稻の栽培，作物体系。養賢堂(東京)，73～83.
- 5) 鎌田金英治・岡田晃治(1976)：水稻に対する堆肥施用の効果。農及園，51(7)：867～871.
- 6) 河本泰・佐近綱・藤原多見夫・中蔵正之・宮地勝正・古井シゲ子(1979)：暖地水稻に対する堆肥連用の年次効果について一りん酸施肥と関連して一。土肥誌，51(7)：347～352.
- 7) 野坂象之(1930)：堆肥，大豆粕及硫酸の地力におよぼす影響。土肥誌，4(4)：20～63.