

低農薬栽培における栽植密度が水稻の生育、収量と 穂いもち発生に及ぼす影響

前田忠信*

(宇都宮大学)

要旨: 本田初期に除草剤1回と殺虫剤1回の農薬使用という低農薬水稻栽培条件で、コシヒカリを用いて堆肥連用水田と化学肥料(化肥)連用水田で1991~1994年に栽植密度(密植約25株/m², 疎植約17株/m²)の違いが生育、収量と穂いもち発生に及ぼす影響を検討した。4年間の平均で、堆肥連用・化肥無施用区で密植は穂数が多かったものの、1穂粒数が少なかったため、m²当たり粒数が同程度となって、収量は疎植と同じであった。堆肥連用・化肥少肥区と化肥連用・少肥区では、いずれも密植は穂数が多かったことによるm²当たり粒数の増加によって収量は高かった。化肥連用・多肥区では、密植で穂数の増加によってm²当たり粒数は多かったものの、登熟歩合が低く、玄米千粒重が軽かったことによって、収量は低かった。穂いもちはいずれの生産年においても密植で多く発生し、特に化肥連用・多肥区で発生程度が高かった。害虫の発生程度は密度間には明瞭な差は見られなかった。不良天候年と好天候年で比較すると、両年とも、堆肥連用・化肥少肥区の密植で収量が最も高く、特に好天候年で密植と疎植との差が大きかった。化肥連用・多肥区の密植は、好天候年でも過繁茂で乾物生産の低下、穂いもちの多発生で、疎植に比べ収量は低かった。低農薬栽培条件では、密植は堆肥連用・化肥少肥および化肥連用・少肥で穂数の増加によるm²当たり粒数確保に有利に働き収量が高い傾向であった。一方、化肥連用・多肥では、密植は過繁茂、乾物生産の低下および穂いもちの多発生をまねいて収量は低かったことから、低コスト・安定性からも疎植で収量向上を検討する必要があると考えられる。

キーワード: コシヒカリ, 栽植密度, 水稻, 疎植, 低農薬栽培, 穂いもち, 密植。

水稻の低農薬栽培を進めるには、稲体の健全性を維持向上させる必要がある。前報(前田 2001)では堆肥を連用し、適量の化学肥料を加えることにより、比較的高収量で低農薬栽培コシヒカリの生産を10年間継続できることを報告した。

イネの病虫害に対する抵抗性が、稲体の健全性に関係していることは明らかで、前報の堆肥連用・化学肥料少肥区において比較的穂いもちが少なく、高収量を示したことは、堆肥連用により稲体の健全性が登熟後期まで維持されていたものと推察された。

稲体の健全性に対しては栽培管理上、栽植密度が大きく影響を及ぼしており、一般に栽植密度が高まると病虫害の被害程度が大きくなると言われている。このため、低農薬栽培、有機栽培を進める手段として疎植栽培方式が提案されている。また、疎植化を進めることは、必要種子量と育苗資材、労力の低減による低コストにもつながる反面、収量低下も懸念される。栽植密度の違いが水稻に及ぼす影響は、天候や栽培条件特に施肥方法等により大きく変化し、低農薬条件のコシヒカリでは収量への影響も大きいと思われる。水稻栽培において栽植密度が地上部、地下部の生育に大きく関係することは田中・有馬(1996)等多くの報告がある。疎植と施肥法との関係(平野ら 1997)や、さらに無農薬、有機栽培、自然農法と栽植密度との関係(五十嵐ら 1989, 片野ら 1983),あるいは有機栽培の最適栽植

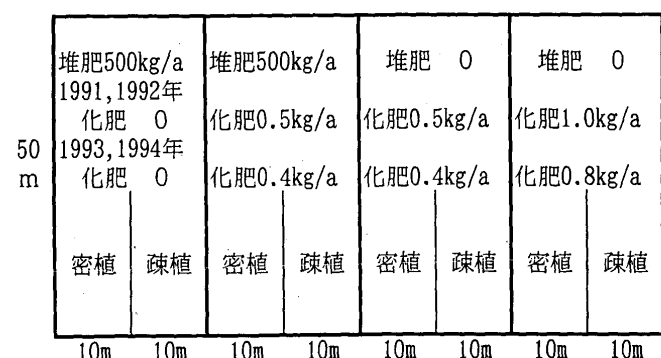
密度を検討する(鈴木ら 1994)等栽植密度に関する報告は多い。しかし、今までの報告の多くは栽植密度と施肥法の影響を、おもに水稻の生育、収量との関係でまとめたものが大部分で、堆肥連用の施肥法と天候および病虫害発生視点から栽植密度を検討した報告は極めて少ない。ここでは、いもち病に弱いコシヒカリの低農薬栽培において、施肥法を堆肥連年施用と化学肥料連年施用条件で、水稻の生育、収量、乾物生産、窒素吸収、病虫害発生、さらに極端な不良天候(1993)年と好天候(1994)年の気象条件との相互関係を検討したので報告する。本試験は全国大学附属農場協議会の共同研究「水稻の低農薬栽培に関する生産生態学的基礎研究」の一環として行われたものである。

材料と方法

試験は前報(前田 2001)で収量変動を報告した1991年~2000年の内の、1994年までの4年間である。品種はコシヒカリを用いて、栃木県真岡市の宇都宮大学農学部附属農場の水田40aで行った。栽培法は稚苗機械移植栽培で、4月下旬播種、育苗期間は約20日、播種量は1992年まで箱当たり120g, 1993年以降100g, 種子消毒を含め育苗期間中農薬は使用しなかった。移植は5月中旬、6条乗用施肥田植機で1株苗数3本程度で移植し、除草剤は1回処理剤のクサカリン3kg粒剤を使用し、移植後5~7日に散布した。イネミズゾウムシは6月上旬に成虫発生数を調査

し、発生が多い場合のみ本田への殺虫剤散布をすることとしたが、結果的には毎年発生し、1992年まではバイジットサンサイド3kg粒剤、1993年以降トレボン2kg粒剤を6月上旬に散布した。本実験での低農薬条件とは、本田初期の除草剤1回、殺虫剤1回の使用である。試験区の栽植密度条件は、ここでは使用した6条乗用施肥田植機の調節範囲が株間12~18cmであり、密植12cmの28株/m²、疎植18cmの19株/m²で検討する予定にしたが、圃場条件によりスリップ率が異なるため実際の密度は、密植約25株/m²と疎植約17株/m²であった。これを前報で示した堆肥連用・化肥無施用、堆肥連用・化肥少肥、化肥連用・少肥、化肥連用・多肥の施肥法4区それぞれに設け8区とした。各区5aで、試験区の位置は4年間変えていない。堆肥連用区は牛糞、落葉、籾殻、稲藁、麦藁による完熟堆肥500kg/aを4年間施用した。化肥連用区は1991年に同じ堆肥300kg/aが施用され、1992年以降は前年の稲藁還元だけである。化学肥料は乗用側条・深層施肥田植機の施肥機を用い、深層部分は隔条の条間中央の深さ15cmに速効性肥料として5-20-20化成と緩効性肥料(被覆尿素LP70)を使用し、側条には5-20-20化成を用いた。試験区及び窒素施肥量を第1図に示した。緩効性肥料を使用したので、この4年間はいずれの区も無追肥である。

草丈、茎数、葉数を各区3反復で1条5株2条10株を



第1図 試験区の配置。

圃場位置は4年間固定。

栽植密度はm²当たり平均1991年密植24.8株、疎植16.6株、1992年密植25.0株、疎植17.0株、1993年密植25.3株、疎植17.2株、1994年密植25.8株、疎植17.1株。

6月中旬より2週間おきに穂揃期まで7回程度調査した。葉面積、乾物重、窒素吸収量については7月中旬以降、約3週間おきに収穫期まで4回程度、各生育調査地点周辺より平均茎数株2株につき調査し、窒素分析はNCアナライザーでおこなった。収量調査は各区3反復で1条10株4条40株を刈り取り、収量構成要素の穂数、玄米千粒重は40株の坪刈りより、1穂刈数、登熟歩合は坪刈り地点周辺より平均穂数株5株の平均穂20~30穂で調査した。なを、精玄米重および玄米千粒重は粒厚1.8mm以上のものとした。穂いもちの調査は1992~1994年に行い、各年出穂後30日以降、各区50株3箇所150株について、各穂の穂首以上に明らかないもち病斑があり、穂上の50%以上の籾が不稔である穂数を数え、総穂数で割り穂いもち発生率とした。害虫調査は7~9月に各区の中央部分、長さ約30m幅約3mの水稻群落中層以上を捕虫網によるすくい取り法(20回振り)によって調査した。

結 果

1. 栽植密度が低農薬栽培水稻の生育、収量へおよぼす影響

1991~1994年の4年間の気候は、1991年は8月まで良好であったが、登熟期に台風が襲来し著しい倒伏をまねいた年、1992年は高温年であったが、いもち病の発生が多かった年で、両年とも出穂期は1週間程度平年より早かった。1993年は大冷害年で、1994年は7、8月とも高温で多日照の好天候年であった。

4年間の生育調査における主要な特性の平均値を第1表に、収量調査における精玄米重、収量構成要素の平均値を第2表に示した。草丈は化肥連用・多肥区で密植がやや高くなったが、その他の区は疎植が高い傾向であった。主稈葉数は疎植でやや多かった。茎数はいずれの施肥条件でも株当たりでは疎植が多かったが、面積当たりでは密植が多かった。有効茎歩合は、いずれの施肥法でも疎植が高かった。倒伏程度は密植で大きく、特に化肥連用・多肥区の密植では倒伏程度が3.1と大きかった。

精玄米重は堆肥連用・化肥無施用区では、密植、疎植同じであった。堆肥連用・化肥少肥区では、密植の収量は高く、平均54.1kg/aと最も高かった。化肥連用・少肥区で

第1表 生育調査の各特性4年間の処理区別、密度別平均値。

処理区	草丈 (cm)		主稈葉数 (L)			最高茎数 (本/m ²)			有効茎歩合 (%)			倒伏程度		
	密植	疎植	t	密植	疎植	t	密植	疎植	t	密植	疎植	t	密植	疎植
堆肥連用・化肥無施用	98	101 +	14.4	14.7 *	332	295 +	71.3	72.0 ns	0.9	0.4				
堆肥連用・化肥少肥	111	113 ns	14.5	14.7 +	545	423 **	70.2	77.8 *	1.4	1.0				
化肥連用・少肥	105	106 ns	14.4	14.7 ns	518	423 *	67.6	70.4 ns	1.3	0.6				
化肥連用・多肥	116	114 ns	14.7	14.9 *	564	495 *	75.7	77.1 ns	3.1	2.7				

倒伏程度は0-無~5-甚の6段階表示。

tは密度間のt検定において+は10%水準で、*は5%水準で、**は1%水準で有意差のあることを示す。

第2表 収量および収量構成要素の4年間の処理区別, 密度別平均値.

処理区	精玄米重		穂数		1穂粒数		m ² 当たり粒数		登熟歩合		玄米千粒重							
	(kg/a)		(本/m ²)				(1000粒/m ²)		(%)		(g)							
	密植	疎植	t	密植	疎植	t	密植	疎植	t	密植	疎植	t						
堆肥・化肥無	35.7	35.7	ns	242	221	*	79.0	86.9	ns	19.1	19.1	ns	89.1	88.0	ns	20.7	20.7	ns
堆肥・化肥少	54.1	51.1	ns	390	322	**	80.1	89.0	**	32.4	28.6	*	82.1	83.5	ns	20.4	20.5	ns
化肥・少肥	48.1	46.1	ns	348	294	*	77.5	85.3	ns	26.8	25.7	ns	84.9	84.9	ns	20.5	20.6	ns
化肥・多肥	44.4	49.0	*	408	341	**	79.2	91.5	+	32.5	31.3	ns	66.2	74.7	*	19.5	19.9	ns

処理区名の堆肥・化肥無は堆肥連用・化肥無施用区, 堆肥・化肥少は堆肥連用・化肥少肥区, 化肥・少肥は化肥連用・少肥区, 化肥・多肥は化肥連用・多肥区を表す.

tは密度間のt検定において+は10%水準で, *は5%水準で, **は1%水準で有意差のあることを示す.

第3表 好天候(1994)年における栽植密度が葉面積, 全乾物重, 比葉面積, 窒素吸収量におよぼす影響.

調査項目	処理区	穎花分化期		穂揃期		登熟中期		収穫期	
		7月17日		8月9日		8月29日		9月17日	
		密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植
葉面積 (LAI)	堆肥・化肥無	3.16	3.09	2.75	2.72	1.88	1.90	1.39	1.39
	堆肥・化肥少	4.73	4.55	4.07	3.50	2.71	2.44	1.82	1.64
	化肥・少肥	3.76	3.49	2.72	2.72	2.16	1.77	1.48	1.42
	化肥・多肥	4.62	4.62	3.92	4.04	2.42	2.57	1.61	1.47
全乾物重 (g/m ²)	堆肥・化肥無	366	369	672	718	947	1109	1158	1132
	堆肥・化肥少	498	464	898	873	1207	1227	1393	1282
	化肥・少肥	452	398	658	672	1057	953	1150	1100
	化肥・多肥	482	501	947	896	1304	1218	1247	1284
比葉面積 (SLW m ² /g)	堆肥・化肥無	0.60	0.39	0.49	0.31	0.45	0.26	0.39	0.28
	堆肥・化肥少	0.64	0.44	0.52	0.32	0.49	0.29	0.48	0.31
	化肥・少肥	0.59	0.42	0.49	0.33	0.45	0.30	0.48	0.30
	化肥・多肥	0.63	0.39	0.47	0.32	0.52	0.33	0.46	0.30
窒素吸収量 (g/m ²)	堆肥・化肥無	6.04	5.23	6.63	7.12	6.60	7.43	8.31	8.16
	堆肥・化肥少	8.48	9.00	9.04	7.66	9.14	9.02	10.86	10.45
	化肥・少肥	5.91	5.02	5.93	5.84	7.20	7.19	8.13	8.20
	化肥・多肥	9.23	10.72	8.61	9.42	10.51	9.23	9.55	10.01

処理区名は第2表と同じ.

は密植がやや高い傾向を示した. これらの区では年次により差の違いが大きく有意差は無かった. 化肥連用・多肥区は疎植が有意に収量高く, 密植との収量差も大きかった. 穂数はいずれの場合も密植が多かったが, 堆肥連用・化肥少肥区と化肥連用・多肥区で差が大きかった. 1穂粒数は, いずれの処理区とも疎植が多かった. m²当たり粒数は堆肥連用・化肥少肥区で有意に密植が多かった. 登熟歩合は化肥連用・多肥区で疎植が有意に高かったが, その他の区は密植, 疎植同程度であった. 玄米千粒重は, 疎植でやや重い傾向であったが, 差はわずかであった.

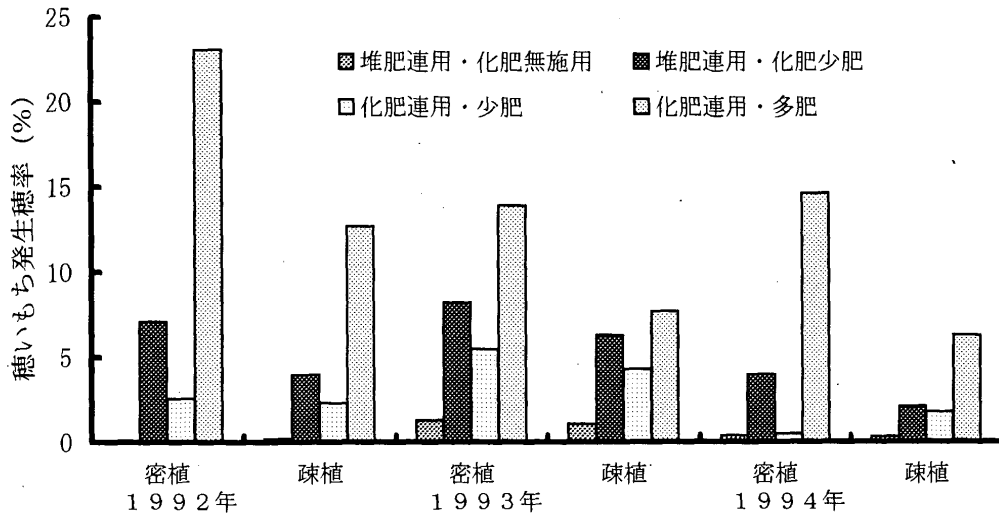
2. 栽植密度が乾物生産と窒素吸収に与える影響

極めて好天候にめぐまれた1994年における乾物生産特性と窒素吸収量を第3表に示した. この年は7月が高温であったため, 葉面積指数(LAI)は, 7月17日の穎花分化期で最大に達し, 化肥連用・多肥区では密植, 疎植同じで, 他の区では密植が大きかったが, その後の減少程度は密植で大きい傾向であった. 穂揃期全乾物重は, 堆肥連用・化肥少肥区, 化肥連用・多肥区では密植が多く, 堆肥

連用・化肥無施用区, 化肥連用・少肥区は疎植が多かった. 登熟中期以降は疎植で増加量が多く逆転する場合も見られた. 化肥連用・多肥区の密植では登熟中期以降, 乾物生産は停滞傾向であった. 比葉面積(SLW)は, 穎花分化期以降収穫期まで, すべての施肥法で密植で大きかった. 窒素吸収量は化肥連用・多肥区では密植, 疎植とも穎花分化期で多かったが, その後の吸収量は少なかった.

3. 栽植密度と病害虫の発生

1992~1994年の3年間の穂いもち発生穂率を第2図に示した. 各年の7月以降葉いもちの発生も見られたが, 直接収量に影響するほどの発生ではなかった. 3年間とも穂いもちの発生は極めて多かったが, いずれの年度も化肥連用・多肥区で, 特に密植が多かった. 次に堆肥連用・化肥少肥区で多く, やはり密植が多かった. 堆肥連用・化肥無施用区は密植, 疎植ともほとんど発生が無かった. 害虫調査の結果は, 7月はウンカ類の発生が見られ, 9月上旬にはヨコバイ類の発生量がやや多くなったが, 収量への影響はなかった. 害虫益虫含めて, 密度および施肥法間で一定



第2図 1992年～1994年の穂いもち発生率。

第4表 不良天候(1993)年と好天候(1994)年における主要な生育特性。

年次	処理区	草丈 (cm)		主稈葉数 (L)		最高莖数 (本/m ²)		有効莖歩合 (%)		倒伏程度	
		密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植
不良天候年 (1993年)	堆肥・化肥無	92	96	14.5	14.9	340	280	73.2	71.7	0.7	0.0
	堆肥・化肥少	103	107	14.9	15.0	493	402	69.0	75.7	0.7	0.7
	化肥・少肥	101	100	14.9	14.8	476	379	70.7	70.4	0.0	0.0
	化肥・多肥	108	105	14.9	15.0	551	448	72.6	71.4	0.7	0.0
好天候年 (1994年)	堆肥・化肥無	108	109	14.1	14.2	395	371	71.0	67.7	2.0	1.7
	堆肥・化肥少	118	118	13.7	13.8	568	426	66.5	73.0	2.7	2.3
	化肥・少肥	104	108	13.3	13.8	465	409	66.9	67.2	1.0	0.3
	化肥・多肥	116	120	14.0	14.2	584	475	66.4	74.5	2.0	2.3

処理区名は第2表と同じ。

倒伏程度は0-無~5-甚の6段階表示。

の傾向は見られなかった(データ省略)。

4. 不良天候(1993)年と好天候(1994)年における栽植密度と生育, 収量。

1993年は大冷害年で、5月下旬から日照時間少なくなり、6月も雨天日多く、7月は平年の30%に満たない日照時間で、低温、雨天の日が多かった。8、9月も天候は好転せず、出穂も平年に比べ1週間程度遅れ、水稻栽培期間をとおり不良天候年であった。1994年は好天候で、5月下旬から高温の日が多く、6月も空梅雨で雨天日少なく、7、8月は異常とも言える高温続きで、晴天の日が多かった。出穂は平年に比べ1週間早く、前年に比べると2週間早まり8月5日までには、すべての区で出穂に達した。登熟期天候も極めて良の好天候年であった。また、この2年間は実験開始3、4年目で、実験前の堆肥の影響が減少し、栽植密度の影響を天候、施肥法との相互関係でみられると判断し、この2年間の生育収量および収量構成要素につき検討した。

この2年間の生育について第4表に示した。草丈は好天候年では、疎植が高くなったが、不良天候年で化肥連用・多肥区で密植が高い傾向であった。葉数は、いずれの施肥

法でも好天候年で少なくなり、また不良天候年、好天候年ともに疎植で多くなった。最高莖数は堆肥連用・化肥無施用区を除き379~551本/m²と好天候年の409~584本/m²と大きな差はなく、疎植区を含め分けつ増加への不良天候の影響は大きくはなかった。しかし堆肥連用・化肥無施用区では、疎植の場合、不良天候年で280本で好天候年では371本とその差は大きかった。有効莖歩合は堆肥連用・化肥少肥区と化肥連用・多肥区の好天候年では疎植で高くなった。倒伏程度は、好天候年でなびいた程度であるが、堆肥連用・化肥少肥区の密植で強くなびいた。

収量調査の結果を第5表に示した。全重については、天候不良年では堆肥連用・化肥無施用区の密植、疎植共に極めて少なかったが、その他の施肥法では両年で大きな差はなく、また密植、疎植間に有意差が見られたのは不良天候年の化肥連用・少肥区と好天候年の堆肥連用・化肥少肥区でいずれも密植で大きかった。精糶重については両年で大きな差があったが、密植、疎植間に有意差が見られたのは全重と同じであった。糶/藁比は不良天候年では堆肥連用・化肥無施用区を除き有意に疎植で高く、好天候年ではいずれの区もほぼ同程度であったが、化肥連用・多肥区では密植区が有意に低かった。精玄米重は施肥法間では両年

第5表 不良天候年と好天候年における栽植密度の違いが収量におよぼす影響。

処理区	全重 (kg/a)		精籾重 (kg/a)		藁重 (kg/a)		籾/藁比		精玄米重 (kg/a)	
	密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植
不良天候年(1993年)										
堆肥・化肥無	87.5 d	85.4 d	36.7 c	34.4 c	50.8 f	51.0 f	0.72 a	0.67 a	29.8 c	27.9 c
堆肥・化肥少	134.5 a	126.1 ab	53.2 a	52.1 a	81.3 bc	73.9 d	0.65 b	0.70 a	43.0 a	42.3 a
化肥・少肥	123.2 b	103.2 c	46.8 b	37.4 c	76.4 cd	65.9 e	0.61 c	0.56 d	38.1 b	30.4 c
化肥・多肥	135.2 a	130.3 ab	46.8 b	46.7 b	88.4 a	83.6 ab	0.53 e	0.56 d	35.8 b	37.6 b
好天候年(1994年)										
堆肥・化肥無	121.7 c	121.5 c	53.1 cd	58.9 c	63.6 cde	62.6 de	0.92 ab	0.94 a	47.2 cd	47.7 cd
堆肥・化肥少	155.4 a	137.4 b	74.1 a	67.0 b	81.3 a	70.4 bc	0.91 ab	0.95 a	59.5 a	54.0 b
化肥・少肥	111.8 c	122.9 c	53.5 c	58.7 c	57.5 e	64.2 cde	0.93 ab	0.92 ab	43.7 d	47.8 cd
化肥・多肥	135.5 b	135.0 b	62.8 bc	66.1 b	72.7 b	68.9 bcd	0.87 b	0.96 a	48.5 c	52.8 b

処理区名は第2表と同じ。

各項目の年次内で密植、疎植含めて同一のアルファベットはダンカンの多重検定で5%水準で有意差のないことを示す。

第6表 不良天候年と好天候年における栽植密度の違いが収量構成要素におよぼす影響。

処理区	穂数 (本/m ²)		1穂籾数		m ² 当たり籾数 (1000粒/m ²)		登熟歩合 (%)		玄米千粒重 (g)	
	密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植	密植	疎植
不良天候年(1993年)										
堆肥・化肥無	234 d	219 d	77.8 ab	75.9 b	18.2 bc	16.6 c	82.9 a	84.0 a	19.9 a	19.7 a
堆肥・化肥少	371 a	323 b	75.9 b	84.9 a	28.1 a	27.3 a	76.8 c	78.0 b	19.1 bc	19.3 b
化肥・少肥	342 b	281 c	74.8 b	71.0 b	25.6 a	19.9 b	77.6 b	76.8 c	19.4 b	19.4 b
化肥・多肥	385 a	320 b	71.2 b	79.2 ab	27.4 a	25.4 a	65.2 d	69.6 e	18.4 d	19.0 c
好天候年(1994年)										
堆肥・化肥無	299 bc	267 d	76.2 c	87.8 ab	22.7 d	23.5 d	93.4 a	89.5 abc	22.2 ab	22.3 a
堆肥・化肥少	408 a	318 b	74.5 cd	83.5 b	30.4 a	26.5 c	85.0 cd	85.3 cd	21.9 b	22.1 ab
化肥・少肥	302 bc	273 cd	66.3 e	84.5 ab	20.0 e	23.1 d	92.0 ab	87.9 bc	21.9 b	22.1 ab
化肥・多肥	400 a	322 b	69.4 de	90.3 a	27.7 bc	29.1 ab	77.2 e	81.7 de	21.6 c	21.3 d

処理区名は第2表と同じ。

各項目の年次内で密植、疎植含めて同一のアルファベットはダンカンの多重検定で5%水準で有意差のないことを示す。

とも、密植、疎植ともに堆肥連用・化肥少肥区が有意に多かったが、密度間では不良天候年で差は小さく、好天候年の堆肥連用・化肥少肥区の密植 59.5 kg/a はこの試験の最高収量であった。化肥連用・多肥区は疎植で有意に多く、差も大きかった。

収量構成要素調査の結果を第6表に示した。穂数は両年とも、どの施肥法においても密植が多かった。1穂籾数は不良天候年では密度間にあまり差がなく、少肥条件である堆肥連用・化肥無施用区と化肥連用・少肥区では密植が多い傾向であったが、好天候年では逆転し、著しく疎植が多くなった。多肥条件である堆肥連用・化肥少肥区と化肥連用・多肥区は両年とも有意に疎植で多く、特に好天候年では差が大きかった。m² 当たり籾数は不良天候年では施肥法間、密度間の差が少なく、好天候年では堆肥連用・化肥少肥区では密植で、化肥連用・少肥区では疎植で有意に多くなった。登熟歩合は不良天候年で、施肥法間、密度間で差が見られ、化肥連用・多肥区が著しく低く、さらに密植で低かった。玄米千粒重は不良天候年でいずれの区も低かったが、化肥連用・多肥区は両年とも有意に低く、特に密植で低かった。

考 察

生育については、株当たりの生育量は疎植で大となるので、草丈、葉数は疎植で長く、多くなる傾向を示したが、第1表で見たように化肥連用・多肥区では有意に密植で大きくなった。東北地方の密度に関する試験で(森・村山 1983, 五十嵐ら 1990), 疎植で草丈が大きくなる傾向であるが、一方、暖地で多肥の条件で田中・有馬(1996)は密植ほど草丈は大きくなったと報告している。これらのことから化学肥料中心の施肥法では密植で徒長的生育をしており、その影響は特に不良天候年、多肥で大きく現れ、病害の発生と関係するものと考えられた。単位面積当たり茎数は常に密植が多く推移するものの、密植と疎植との差は施肥法と天候により変化した。堆肥連用・化肥無施用区において、天候不良年では疎植の茎数が少なくなると、密植との差が大きかったが、好天候年で差が小さかった。不良天候年で、有機物中心の施肥法では、低温で有機物の分解が進まず、分けつ発生に必要な窒素供給が不足したためと考えられる。しかし化学肥料を多用した化肥連用・多肥区は、不良天候年の低温でも分けつ発生多く、密植は最高茎数 551 本/m² と、過繁茂の状態であり、有効茎歩合も疎植に

比べ著しく低くなった。橋川ら (1994), 村山ら (1998) も分けつ増加には密度・N 施肥量の影響が大きい。減少には密度の影響が大きく密植ほど有効茎歩合が低下したとしている。LAI, 乾物重の値は、密植で出穂期頃までは早く大きくなり、SLW は常に密植で大きかったことから、葉身が薄くなり、草丈で見たように生育全般に徒長的生育を示していると考えられる。化肥連用・多肥区は、密植、疎植共に穎花分化期までの窒素吸収量が多く、穂揃期から登熟中期まで窒素過剰の状態と考えられる。穂いもちは窒素過剰によって、イネが軟弱となり体的には可溶性窒素化合物が集積し、さらに多窒素条件では珪酸の吸収が抑制され (高橋 1982), イネの細胞は菌の侵害に弱くなることが一般に知られている。佐藤 (1995) は多窒素区ほど N 吸収量が多くなるが、出穂初期のケイ酸吸収量はあまり変わらずケイ酸含有率は密植、多窒素区で低下し、穂いもちの発生も多いと報告している。本試験でも第 2 図のとおり化肥連用・多肥区では穂いもちの発生が多かった。さらに、密植は、徒長化、過繁茂、葉の薄くなること等から推察されるように、イネは軟弱に生育したために、発生のほとんど無かった堆肥連用・化肥無施用区を除き、いずれの施肥法でも穂いもちの発生が多かった。一方、害虫発生については、本試験では一定の傾向は明らかでなかった。

堆肥連用・化肥無施用区は前報 (前田 2001) でも報告したとおり、分けつ発生が少なく、茎数不足、穂数不足であった。この傾向は天候不良年、疎植で顕著に現れた。しかし、密植にしても穂数増加はわずかで、第 2 表のとおり m^2 当たり籾数、収量はほとんど変わらなかった。鈴木ら (1994) は有機栽培では栽植密度 18~22 株/ m^2 で収量は多く、安定するとし、片野ら (1983) も自然農法水田で密植、疎植間で収量は変わらないとしている。以上のことから、有機物中心の施肥法での穂数確保対策として、密植の効果は大きくないと考えられ、速効性の有機物等を今後検討していく必要がある。

堆肥連用・化肥少肥区は、収量は密植で多く、特に好天候年では差が大きかった。第 6 表の好天候年の 1 穂籾数を見ると、化肥連用区では、少肥多肥共に密植では著しく減少し、 m^2 当たり籾数が疎植より少なくなった。一方堆肥連用区では 1 穂籾数の密植での減少程度は小さく、堆肥連用・化肥少肥区は m^2 当たり籾数が密植で多かった。このことは幼穂形成期から出穂期までの窒素供給において化肥連用区では密植による穂数増に見合った窒素供給が得られず、籾数減少となったが、堆肥連用区では好天候、穂数に応じた地力窒素の供給が行われ、籾数が確保されたと考えられる。さらに、 m^2 当たり籾数が多くても堆肥連用区では、穂いもちの発生少なく、登熟歩合も高く、穂揃期以降収穫期まで乾物生産を高く維持し、収量が高かった。疎植

は、穂数の不足を 1 穂籾数の増加で補えず、 m^2 当たり籾数で不足し、密植に比べ収量が低かった。堆肥連用・少肥区の疎植においては、堆肥連用化肥・無施用区と同様に穂数増加を図ることを考える必要がある。

一般に現在の水稻機械移植栽培で、茎数確保対策として、ある程度密植なことが多い。森・村山 (1983) はこのことを指摘し、密度試験を行い 14~18 株/ m^2 の比較的疎植で収量が高いと報告している。化肥連用・多肥区では、1993 年のような不良天候年で、疎植でも茎数、穂数はほぼ確保されていた。前報で低農薬栽培のコシヒカリでは、化肥連用区において穂数 350 本/ m^2 程度が適正穂数とみられた。現在の一般的な施肥法に近い、稲藁還元のみ水田において、化学肥料多肥での密植は、過繁茂、徒長的生育、乾物生産の低下、穂いもちの発生等で不利である。化学肥料使用では疎植でも、穂数 350 本/ m^2 確保は容易と思われることから、低農薬栽培においては、栽植密度をより疎植化し、低コスト・安定性を考えながら堆肥施用、化学肥料の施肥量、施肥方法等を検討する必要がある。

引用文献

- 橋川潮・白岩立彦・劉雲開 1994. 早植水稻の多収生育相に関する研究 12. 個体密度と窒素施肥レベルの異なる水稻の生育反応. 日作紀 63 (別 1): 32-33.
- 平野貢・山崎和也・Truong Tac Hop・黒田栄喜・村田孝雄 1997. 窒素施肥体系および疎植の組み合わせ栽培が水稻の生育および収量に及ぼす影響. 日作紀 66: 551-558.
- 五十嵐弘・上林美保子・遠藤正昭 1989. 水稻の低農薬有機栽培について. 日作東北支報 32: 14-15.
- 五十嵐弘・伊藤徳内・上林美保子 1990. 水稻の低農薬・有機栽培について. 日作東北支報 33: 11-12.
- 片野学・佐藤宏・佐藤種治・佐藤正広 1983. 自然農法水田における水稻栽培に関する研究. 第 2 報 育苗法, 栽植密度, 搬入有機物の種類・量ならびに有機物マルチの影響. 岩手県下における一事例. 日作東北支報 26: 5-6.
- 前田忠信 2001. 堆肥連用水田と化学肥料連用水田における低農薬栽培した水稻収量の年次変動とその要因. 日作紀 70: 525-529.
- 森敏夫・村山成治 1983. 疎植イネの生育と収量について. 日作東北支報 26: 19-21.
- 村山成治・田中与次郎・須藤宏樹 1998. 低投入型稲作に関する研究一 疎植低農薬栽培における生産生態一. 日作東北支報 41: 19-21.
- 佐藤徳雄 1995. 水稻の低農薬栽培に関する生産生態学的基礎研究一 4 年間の成績. 日作東北支報 38: 19-21.
- 鈴木雅光・長谷川愿・宮野斉・大場伸一 1994. 水稻の無農薬・無化学肥料栽培の基本指標. 山形農試報 28: 39-55.
- 高橋英一 1982. イネのケイ酸吸収に対する共存イオンの影響. 土肥誌 53: 271-276.
- 田中典幸・有馬進 1996. 水稻の根の生育に及ぼす栽植密度の影響. 日作紀 65: 71-76.

Effect of Planting Density on Rice Yield and Occurrence of Panicle Blast in the Culture with Low Agricultural Chemicals: Tadanobu MAEDA* (*University Farm, Utsunomiya Univ., Moka 321-4415, Japan*)

Abstract: From 1991 to 1994, a rice cultivar, Koshihikari, was cultured under dense (25 hills/m²) and sparse (17 hills/m²) planting with a low supply of agricultural chemicals and with continuous application of farmyard manure (FM) or chemical fertilizer (CF). Grain yield under dense planting was not different from that under sparse planting when FM was applied without CF, but was higher in the former than in the latter when FM was applied together with the small amount of CF or only a small amount of CF was applied. This is because the former had a larger number of ears than the latter. When a large amount of CF was applied, grain yield in the plot with dense planting was lower because of the fewer florets, lower percentage of ripened grains and lighter grains though having many ears. Panicle blast occurred more frequently under dense planting, especially when a large amount of CF was applied. No difference was observed in the occurrence of insects between the plots with dense and sparse planting. Grain yield under dense planting was higher than in the plot with sparse planting regardless of the weather condition when FM was applied together with a small amount of CF. However, it was lower when a large amount of CF was applied even in a good weather year. It is concluded that dense planting sometimes gives a high yield when FM is applied continuously, but often causes over-luxuriant growth, less dry-matter production and frequent occurrence of panicle blast when CF is applied continuously. Therefore, the method for high yield must be explored with sparse planting, which also costs less and stabilizes rice production.

Key words: Cultural method with low agricultural chemicals, Dense planting, Koshihikari, Panicle blast, Planting density, Rice, Sparse planting.
