

暖地の湛水直播栽培における土中点播水稻の生育特性

—散播水稻との生育特性の差異—

吉永悟志*・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次

(農業技術研究機構)

要旨: 打込み式代かき同時土中点播機を用いた水稻の安定的湛水直播栽培技術を確立するための基礎的知見を得ることを目的に、散播および点播水稻の乾物生産や窒素吸収特性を比較し、生育や収量性との関連について検討を行った。複数個体で株を形成する点播水稻は株内の個体間競合を生育初期から生じるために、散播水稻に比較して初期分げつが少なく、最高分げつ期までの乾物増加量の低下を生じた。点播水稻では、このような初期生育の抑制により最高分げつ期から穂揃い期における窒素含有率が高まったこと、幼穂分化期以降の乾物重は散播水稻との差を生じなかったことにより、幼穂分化期の窒素吸収量が散播水稻に比較して増大した。しかしながら、点播水稻は散播水稻に比較して最高分げつ期から幼穂分化期の窒素含有率の低下が大きいため、窒素吸収量の増大にともなう総粒数の増加を生じなかったものと考えられた。また、点播水稻は成熟期の LAI が大きいこと、上位葉の面積当たり窒素含有量が高く、穂揃い期の個葉の光合成速度が高いこと等により登熟期間の乾物増加量が大きいことが明らかになった。このため、登熟性に優れる点播水稻は、窒素施肥法の改善による総粒数の増加にともない、収量性の向上が可能となることが示唆された。

キーワード: 乾物生産、水稻、湛水直播、窒素吸収、点播、播種様式。

近年開発された「打込み式代かき同時土中点播機」(以下打込み点播機と略)は、複数種子で株を形成させることを目的とした点播状の播種と、5~20 mm 程度の深さへの土中播種が可能となっている(下坪・富樫 1996 a, b)。湛水直播栽培では耐倒伏性の低下が問題となっているが、点播水稻は散播や条播水稻と比較して耐倒伏性が高い(世古ら 1983, 尾形・松江 1998)ことが明らかとなっており、本機による点播栽培においても耐倒伏性が高まることが実証されている(下坪・富樫 1996 b, 吉永ら 2001)。このような特長を有する本機による点播栽培面積は、1998 年に販売が開始された後、1999 年 332 ha, 2000 年 615 ha と急増し、湛水直播栽培面積全体の 8% および 14% を占めるに至っており、今後も普及の拡大が期待されている。

点播水稻の生育特性に関しては、散播や条播に比較して有効茎歩合の高いこと(世古ら 1983, Won ら 1996)や、初期生育が小さい(相川・森脇 1986)ことが報告されており、直播水稻の中では移植水稻に近い生育特性を示すことが明らかになっている。また、他の播種様式に比較して高い収量を示した事例(世古ら 1983, 中村ら 1986, 尾形・松江 1998)が報告されている。しかしながら、これまで実用的な点播用播種機が普及していなかったために、点播水稻の生育特性を乾物生産や窒素吸収特性の面から詳細に解析した報告例は少ない。

そこで、打込み点播機を用いた安定的湛水直播栽培技術の確立のための基礎的知見を得ることを目的に、点播水稻の乾物生産や窒素吸収特性を散播と比較し、生育および収量性との関連について検討を行った。

材料と方法

1. 栽培条件

試験は 1996~2000 年の 5 ヶ年にわたって、九州農業試験場(現九州沖縄農業研究センター、福岡県筑後市)内の細粒灰色低地土水田において行った。試験には九州地域で最も栽培面積の大きい良食味品種のヒノヒカリを供試した。種子の播種前処理として、ハト胸状に催芽後、乾籾の 2 倍重相当の酸素発生剤(カルパー粉粒剤 16)を被覆した。播種は 1996 年 6 月 19 日, 1997~1999 年 6 月 9 日, 2000 年 6 月 13 日に行った。播種様式は、代かき直後の土壌に手播きを行った散播区、打込み点播機を用いて播種した点播区の 2 処理とした。苗立ち密度は 1996 年は 100 本 m^{-2} , 1997~2000 年は 80 本 m^{-2} とし、点播区では条間 30 cm, 株間 20 cm (16.7 株 m^{-2}) の設定で播種を行った。播種量は目標苗立ち密度の 1.5 倍量として、苗立ち後に m^2 当たり苗立ち数が設定条件になるように間引いて補正した。また、播種深度の生育への影響を小さくするために両播種様式の目標播種深度を 10 mm とした。散播区では播種深度を深くするために代かき水量を多めに代かき直後に播種を行うとともに、播種深度の浅くなった地点では覆土を行った。

施肥は、窒素成分で速効性窒素肥料 20%, 緩効性窒素肥料の LP コート 100 (チッソ旭肥料(株)製, 以下 LP 100 と略)を 80% 含む LP 複合 D-80 (クミアイ化学社製)を基肥として使用し、窒素成分量で $6 g m^{-2}$ 施用した。なお、LP 100 は 25 °C 水温下で 100 日間に窒素成分を約 80% 徐々に溶出する特性を有する被覆尿素肥料である。また、出穂の約 20 日および 10 日前に窒素成分で 3 お

よび 2 g m^{-2} の硫酸を穂肥として施用した。試験区配置は行った。
分割区法, 3 反復とした。

結 果

2. 生育・収量の調査方法

生育調査として、点播区は1区当たり10株 (0.6 m^2)、散播区は1区当たり 0.3 m^2 の茎数調査を行った。また、点播区では1区当たり20株 (1.2 m^2)、散播区では1区当たり 1.2 m^2 について分けつ期から成熟期まで5回の抜き取り調査を行った。抜き取り株は器官別に分解し、葉身の一部について葉面積を測定後、 80°C で3日間乾燥し、乾物重、窒素含有率を測定した。なお、窒素分析は乾式燃焼法 (エレメンタル社製 rapidN) により行った。また、1997~2000 年は穂揃い期に主稈の上位3葉の光合成速度を LI-6200 (Li-cor 社製) を用いて測定した。

収量および収量構成要素の調査は以下の方法で行った。点播区では1区当たり50株 (3.0 m^2)、散播区では1区当たり 1.2 m^2 、2ヶ所 (合計 2.4 m^2) をそれぞれ成熟期に刈り取り、刈り取り株の穂数を調査したあと天日乾燥を行った。乾燥後、脱穀を行う際、しいなを含めた粃を全て回収し、均分したサンプルの粃数を計測して m^2 当たり粃数を算出した。1穂粃数は m^2 当たり粃数を m^2 当たり穂数で除して算出し、収量は粒厚 1.7 mm 以上の精玄米重で表し、登熟歩合は m^2 当たり粃数と粒厚 1.7 mm 以上の精玄米数をもとに算出した。千粒重は約 20 g の精玄米の粒数を2回計測することにより算出した。なお、精玄米重と千粒重は水分含有率 15% となるように値を補正した。また、食味品質に関連する形質として精玄米の窒素含有率の測定を乾式燃焼法 (エレメンタル社製 rapidN) により

1. 各年次の気象概況、作況指数および出穂期

試験を実施した5ヶ年の気象概況を第1表に示した。1997年および1999年は7~9月の日射量が明らかに少なく、当該地域 (福岡県南筑後地区) における作況指数はそれぞれ95および86に低下した。特に1999年は登熟期に当たる9月の日射量の平均値が $11.2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ と少なく、さらに登熟後期の9月24日に接近した台風 (最大瞬間風速 27 m s^{-1} 、日積算雨量 66 mm) の影響により作況指数の低下が顕著であった。1996、1998および2000年の気象条件はおおむね良好で、目立った気象災害もなかったため作況指数は104、102および103であった。出穂期は年次によって8月26日から9月3日の間で変動したが播種様式間の差は認められなかった (第6表)。

第1表 月別気象概況。

	年次	6月	7月	8月	9月	10月
平均気温 ($^\circ\text{C}$)	1996	23.6	26.5	27.8	23.7	18.2
	1997	23.6	26.1	27.5	23.0	17.9
	1998	23.0	27.4	28.4	25.5	20.3
	1999	23.4	25.6	27.5	25.7	19.3
	2000	23.0	27.5	27.8	23.8	19.4
日射量 ($\text{MJ/m}^2/\text{日}$)	1996	11.8	16.5	15.8	14.0	11.0
	1997	14.9	14.5	16.1	12.2	12.2
	1998	14.4	20.4	20.4	16.0	11.4
	1999	14.9	16.2	16.1	11.2	12.6
	2000	14.7	19.9	18.5	14.7	10.9

第2表 播種様式が分けつおよび葉身形質に及ぼす影響。

年次	播種様式	分けつ速度 (本/ $\text{m}^2/\text{日}$)	最高分けつ数 (本/ m^2)	穂数 (本/ m^2)	有効茎歩合 (%)	最高分けつ期		
						LAI (m^2/m^2)	SLA (cm^2/g)	LWR (g/g)
1996	散播	21.1	1079	474	43.9	3.3	301	0.49
	点播	14.9	803	471	58.6	3.1	334	0.52
1997	散播	16.8	751	343	45.6	2.1	269	0.41
	点播	15.1	632	358	56.7	2.0	267	0.44
1998	散播	22.5	928	395	42.5	3.0	271	0.44
	点播	15.8	659	407	61.8	3.2	276	0.47
1999	散播	19.0	738	395	53.5	2.4	294	0.45
	点播	16.1	704	405	57.5	2.1	297	0.50
2000	散播	16.6	603	411	68.1	2.8	254	0.44
	点播	13.8	577	381	65.9	2.5	265	0.46
平均値	散播	19.2	820	403	50.7	2.7	278	0.45
	点播	15.1	675	404	60.1	2.6	288	0.48
有意差		*	*	ns	*	ns	*	**

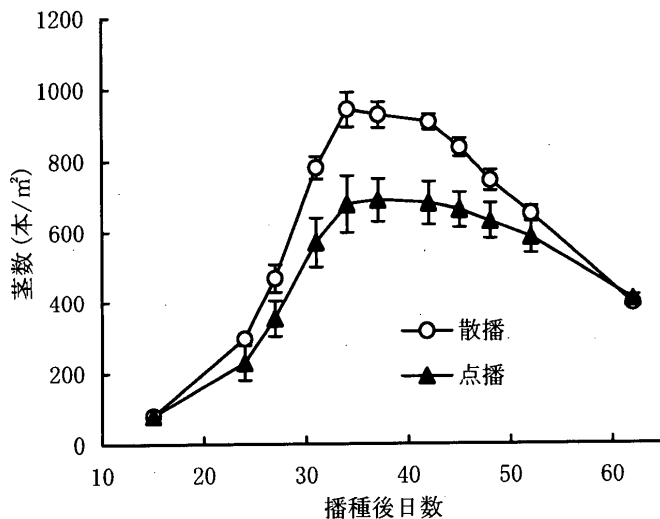
有意差は平均値のt検定による。*, **: 5および1%水準で有意, ns: 有意差無し。(以上, 第3~6表も同じ)。分けつ速度は播種後30日間の値。有効茎歩合は逆正弦変換した値を有意差検定。LAI: 葉面積指数。SLA: 比葉面積。LWR: 葉重比。

2. 播種様式が分げつおよび葉身形質に及ぼす影響

播種様式が分げつおよび葉身形質に及ぼす影響については第2表および第1図に示した。点播区は散播区に比較して分げつ速度が小さく、最高分げつ数も少なかったものの、有効茎歩合が高かったために穂数には差が認められなかった。このように、分げつ数は点播区で少なかったが、最高分げつ期の比葉面積 (SLA) および葉重比 (LWR) は点播区で高く、葉面積指数 (LAI) に播種様式間差は生じなかった。

3. 播種様式が乾物重、窒素含有率および窒素吸収量に及ぼす影響

播種様式が乾物生産および窒素吸収に及ぼす影響について第3表および第4表に示した。乾物生産については、点



第1図 播種様式が茎数の推移に及ぼす影響 (1998年)。
垂直線は標準誤差を示す。

播区における地上部乾物重および個体群生長速度 (CGR) は最高分げつ期まで散播区に比較して低かったが、有効茎のほぼ確定した幼穂分化期以降では播種様式による差は認められなくなった。また、成熟期の地上部乾物重には播種様式による差はなかったが、穂揃い期から成熟期にかけて登熟期間中の乾物増加量は点播区で大きかった。

播種様式と窒素吸収との関係についてみると、点播区の地上部窒素吸収量は分げつ期には散播区に比較して小さかったが、最高分げつ期にはその差が認められなくなり、幼穂分化期では逆に点播区で大きくなった。地上部窒素含有率は分げつ期には差が認められなかったが、最高分げつ期から穂揃い期までは点播区で高く推移した。

4. 播種様式が穂揃い期の個葉の光合成速度に及ぼす影響

登熟期間の乾物生産との関連が強いと考えられる穂揃い期および成熟期の LAI、穂揃い期の上位3葉の葉面積当たり窒素含有量および光合成速度を第5表に示した。穂揃い期における LAI の平均値は散播区で5.6、点播区では5.7と播種様式間差は小さかったが、成熟期における LAI の平均値は散播区の2.6に対し、点播区では2.9と有意に高かった。点播区では散播区に比較して上位葉の葉面積当たり窒素含有量が高く、上位葉の光合成速度も高かった。また、第2図に示したように穂揃い期の上位葉の葉面積当たり窒素含有量と光合成速度との間に強い正の相関関係 ($r=0.952^{**}$) が認められた。

5. 播種様式が収量および収量構成要素に及ぼす影響

両播種様式における収量および収量構成要素を第6表に

第3表 播種様式が乾物生産に及ぼす影響。

年次	播種様式	地上部乾物重 (g/m ²)					CGR (g/m ² /日)			ΔW (g/m ²)
		I	II	III	IV	V	I-II	II-III	III-IV	
1996	散播	55.7	192	470	1054	1591	15.1	23.2	21.7	536
	点播	52.1	179	441	1072	1673	14.1	21.9	23.4	601
1997	散播	41.8	195	407	1055	1536	10.9	15.1	24.0	481
	点播	33.4	174	378	1041	1582	10.0	14.6	24.5	541
1998	散播	38.4	249	505	1137	1582	15.0	18.3	23.4	445
	点播	32.8	241	474	1104	1635	14.9	16.6	23.3	531
1999	散播	29.5	186	386	902	1356	11.2	14.3	18.4	454
	点播	17.6	144	374	954	1407	9.0	16.5	20.7	454
2000	散播	42.4	243	428	1000	1549	14.3	15.5	20.4	549
	点播	25.1	206	421	965	1529	12.9	17.9	19.4	564
平均値	散播	41.6	213	439	1030	1523	13.3	17.3	21.6	493
	点播	32.2	189	418	1027	1565	12.2	17.5	22.3	538
有意差		*	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	*

CGR: 個体群生長速度。ΔW: 登熟期間の地上部乾物重増加量。I~V はそれぞれ分げつ期、最高分げつ期、幼穂分化期、穂揃い期および成熟期を示す (第4表も同じ)。

第4表 播種様式が窒素吸収様式に及ぼす影響。

年次	播種様式	地上部窒素含有率 (%)					窒素吸収量 (g/m ²)				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1996	散播	3.90	2.50	1.53	1.25	0.92	2.2	4.8	7.2	13.1	14.7
	点播	3.85	3.07	1.75	1.16	0.93	2.0	5.5	7.7	12.5	15.5
1997	散播	3.79	1.84	1.37	1.03	0.84	1.6	3.6	5.6	10.9	12.9
	点播	3.86	2.08	1.52	1.08	0.85	1.3	3.6	5.7	11.2	13.4
1998	散播	3.92	2.00	1.44	1.16	0.89	1.5	5.0	7.2	13.1	14.1
	点播	3.77	2.34	1.57	1.24	0.93	1.2	5.7	7.4	13.7	15.3
1999	散播	3.87	2.55	1.46	1.22	0.94	1.1	4.8	5.7	11.0	12.7
	点播	3.79	3.49	1.90	1.39	0.98	0.7	5.0	7.1	13.3	13.8
2000	散播	3.86	2.13	1.33	1.17	0.86	1.6	5.2	5.7	11.7	13.3
	点播	3.88	2.38	1.52	1.19	0.85	1.0	4.9	6.4	11.5	13.1
平均値	散播	3.87	2.21	1.42	1.17	0.89	1.6	4.7	6.2	12.0	13.5
	点播	3.83	2.67	1.65	1.21	0.91	1.2	4.9	6.9	12.4	14.2
有意差		ns	*	*	*	ns	*	ns	*	ns	ns

第5表 播種様式が登熟期の葉面積指数、穂揃い期の葉身窒素含有量および光合成速度に及ぼす影響。

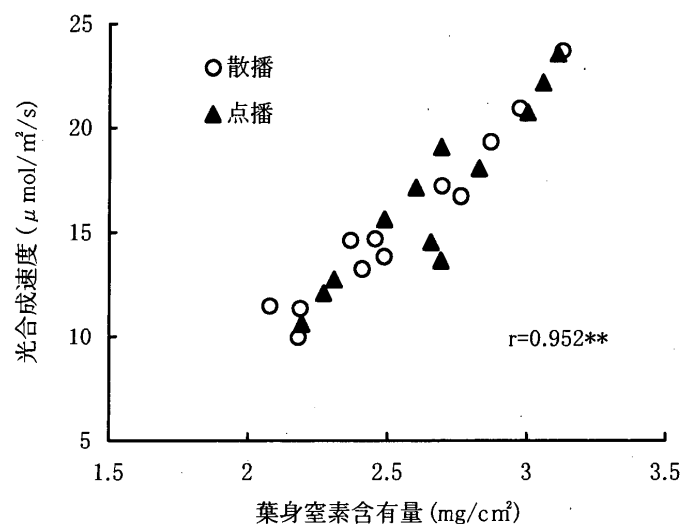
年次	播種様式	葉面積指数 (m ² /m ²)		葉身窒素含有量 (mg/cm ²)	光合成速度 (μmol/m ² /s)
		穂揃い期	成熟期		
1997	散播	5.5	2.4	2.39	14.0
	点播	5.3	2.6	2.46	15.1
1998	散播	6.3	2.5	2.51	14.4
	点播	6.0	2.8	2.67	15.7
1999	散播	5.5	2.5	2.75	18.3
	点播	6.3	3.1	2.86	18.7
2000	散播	5.0	2.9	2.54	15.6
	点播	5.3	3.1	2.64	17.1
平均値	散播	5.6	2.6	2.55	15.6
	点播	5.7	2.9	2.66	16.7
有意差		ns	*	*	**

光合成速度、葉身窒素含有量ともに主稈上位3葉の平均値。

示した。穂数および1穂粒数は、年次間差が大きかったものの播種様式間差は認められず、両形質の積である総粒数についても同様であった。登熟歩合にも有意な播種様式間差は認められなかったが、台風の影響により顕著な倒伏を生じた1999年以外の年次における点播区の登熟歩合は、散播区と同程度もしくは2～3%程度高まる傾向を示した。また、千粒重は年次間および播種様式間差ともに小さかった。このように、収量構成要素の播種様式間差は認められなかったため、精玄米重についても散播区と点播区の差を生じなかった。さらに、玄米窒素含有率についても播種様式間差が認められなかった。

考 察

本試験では、打込み点播機を用いた安定的な湛水直播栽



第2図 葉身窒素含有量と光合成速度との関係。

1997～2000年の穂揃い期における主稈上位3葉の値。

**：1%水準で有意。

培技術の確立のため、点播水稻の生育を散播水稻と比較して、これまで検討が不十分であった生育および収量性に関する諸特性について解析した。

1. 播種様式が分けつおよび葉身形質に及ぼす影響

点播水稻の分けつ特性に関しては、散播や条播に比較して有効茎歩合の高いことが報告されている(世古ら 1983, Wonら 1996)。本試験においても点播水稻は分けつが少なく推移するために最高分けつ数が減少したが、既報と同様に有効茎歩合が高く、穂数は減少しなかった。このような分けつの播種様式間差は、散播水稻と点播水稻の群落構造の差に起因すると考えられる。すなわち、散播水稻では個体間の距離が大きいため、生育初期の個体間競合の影響が小さいのに対し、点播水稻は複数個体で株を形成するために、株内の個体間の距離が小さくなり、生育初期から個

第6表 播種様式が収量および収量構成要素に及ぼす影響。

年次	播種様式	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	精 玄米重 (g/m ²)	同左 指数	穂数 (本/m ²)	1穂 粒数	総 粒数 (×千/m ²)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米 窒素 (%)	倒伏 程度 (0-4)
1996	散播	9.03	79.8	660	(100)	474	67.4	32.0	89.3	23.1	1.27	0.70
	点播	9.03	85.1	686	104	471	68.5	32.2	92.1	23.1	1.30	0.00
1997	散播	8.29	78.5	540	(100)	343	81.5	27.9	86.8	22.3	1.27	0.80
	点播	8.29	83.6	551	102	358	77.1	27.6	89.1	22.4	1.30	0.00
1998	散播	8.26	81.4	634	(100)	395	78.6	31.0	89.1	22.9	1.30	1.17
	点播	8.26	82.9	631	100	407	77.0	31.3	88.8	22.7	1.32	0.00
1999	散播	8.30	82.9	521	(100)	395	72.0	28.4	77.2	23.8	1.49	2.67
	点播	8.30	90.8	518	99	405	73.8	29.9	75.3	23.1	1.50	2.07
2000	散播	8.31	78.9	574	(100)	411	71.7	29.5	84.5	23.1	1.30	0.50
	点播	8.31	80.8	566	99	381	74.0	28.2	87.2	23.0	1.32	0.00
平均値	散播	—	80.3	586	(100)	403	74.2	29.8	85.3	23.1	1.33	1.17
	点播	—	84.6	590	101	404	74.1	29.8	86.5	22.9	1.35	0.41
有意差			*	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	**

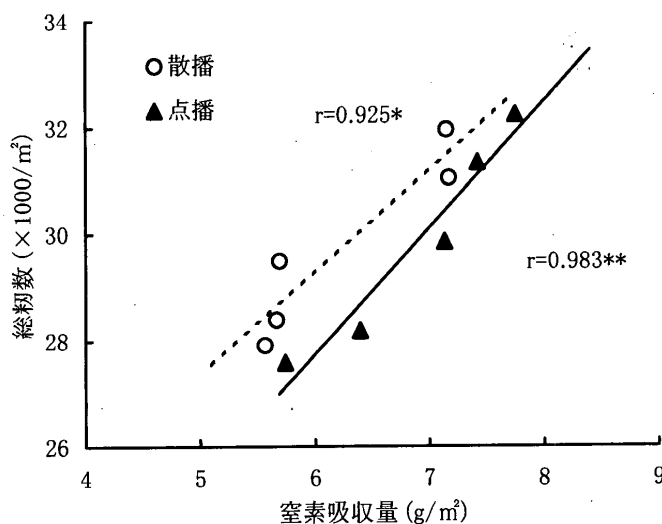
精玄米重は粒厚 1.70 mm 以上、水分 15% 換算。玄米窒素%は乾物換算。登熟歩合は逆正弦変換した値を有意差検定。

体間の競合を生じると推察される(石井ら 1972, 佐々木ら 1999)。本試験において、分けつ期に散播水稻の株間および点播水稻の株内の群落最下部における光合成有効放射(PAR)を測定したところ、散播区および点播区における群落最下部の PAR は直達光のそれぞれ 80% および 64% であった。このため、生育初期の点播水稻における株内の個体間競合は、散播水稻の個体間競合に比較して大きいことが示された。なお、本試験では散播区と点播区の播種深度を約 10 mm に設定して出芽深度の差が小さい条件下で生育および収量を比較したが、播種深度が浅くなると分けつが旺盛になることが示されている(藤井・及川 1987)。打込み点播機による点播栽培では、代かき水量や播種機の打込みディスク回転数を調節することにより播種深度を深くすることは比較的容易であるのに対し、散播栽培は自然落下による播種であり、播種深度が 10 mm 以上に深くなることは少なく、本試験の条件よりも播種深度が浅くなる可能性が高い。このため、実際の散播栽培では本試験の条件よりも播種深度が浅くなり、分けつ速度の増大による有効茎歩合の低下がさらに顕著になることが推察される。

点播水稻の最高分けつ期における茎数は散播水稻に比較して 20% 程度少なかったが、SLA および LWR が大きかったために LAI には差を生じなかった。散播栽培では高密度条件による茎数の増加にともない LAI, SLA および LWR が増大することが示されている(江原ら 1998)。本試験では同一密度条件で播種様式間差を比較したが、上記のように散播水稻の個体間競合よりも点播水稻の株内の個体間競合が大きいことにより、点播水稻に SLA および LWR の増大が生じたものと考えられる。

2. 乾物生産および窒素吸収特性と収量性との関係

点播水稻における初期生育の抑制は相川・森脇(1986)



第3図 幼穂分化期窒素吸収量と総粒数との関係。

*, **: 5 および 1% 水準で有意。図中の破線は散播区、実線は点播区の回帰直線を示す。

が報告しているが、本試験においても点播水稻は最高分けつ期までの乾物増加が散播水稻に比較して低かった。これは、点播水稻の初期分けつが少なく推移したためと考えられる。点播水稻ではこのように生育初期の乾物増加が小さいために最高分けつ期から穂揃い期における窒素含有率が高く推移し、最高分けつ数が減少しても穂数は減少せず、有効茎歩合が高まったと考えられる。また、幼穂分化期に乾物重の播種様式間差は認められなくなったが、点播区では窒素含有率が高く維持されたために幼穂分化期の窒素吸収量が増大したものと推察される。暖地水稻は旺盛な初期生育により生育中期の窒素吸収が低下し、粒数不足による減収を生じやすい(和田 1980)ことから、窒素含有率が高く維持され、幼穂分化期の窒素吸収量が多いことは暖地水稻における粒数確保に有効な特性の一つであると考え

られる。しかし、本試験では幼穂分化期の窒素吸収量は点播水稻において増大したものの総粒数に差を生じなかった。そこで、本試験における両形質の関係を第3図に示した。幼穂分化期の窒素吸収量と総粒数の間には、両播種様式を合わせても強い正の相関関係 ($r=0.881^{**}$) が認められたが、播種様式による差が認められ、点播水稻は散播水稻と同等の窒素吸収量であっても、総粒数が相対的に少ないことが示された。小林・堀江 (1994) は穎花分化始期の稲体の地上部窒素吸収量以外に、穂首分化期から穎花分化始期までの地上部窒素含有率の低下程度も総粒数の決定に関与し、この期間の窒素含有率の低下程度が大きいほど2次枝梗数が減少して分化穎花数が減少することを示している。本試験の最高分けつ期の調査時期および幼穂分化期の調査時期はそれぞれ出穂の約38日および24日前であるため、小林・堀江 (1994) の報告における穂首分化期および穎花分化始期の調査時期とほぼ一致している。そこで、本試験における最高分けつ期から幼穂分化期までの地上部窒素含有率の変化を比較すると、5ヶ年とも点播水稻の窒素含有率の低下程度が大きく、散播水稻では平均0.8%低下したのに対し、点播水稻は平均1.0%低下した。このことから、点播水稻では幼穂分化期の窒素吸収量が散播水稻に比較して増大したが、最高分けつ期と幼穂分化期の間の窒素含有率の低下程度が大きかったために、総粒数に播種様式間差を生じなかったものと推察される。なお、本試験では緩効性肥料を主体とした肥料を基肥に施用した。基肥の種類と直播水稻の生育との関係については、速効性肥料を基肥に施用して播種後落水管理を行うと土壌中のアンモニウム態窒素含有量が低下し、生育中期の窒素吸収量が低下すること (吉永ら 2000) や、速効性肥料の基肥施用により有効茎歩合の低下と総粒数の低下による減収を生じること (中鉢ら 1991) が示されている。このため、速効性肥料を基肥に施用した場合には、初期分けつの旺盛な散播水稻における有効茎歩合の低下や窒素吸収量の低下により総粒数の低下が顕著になり、散播水稻における減収の可能性が高まると考えられる。

次に、登熟期間の乾物生産に関して検討した結果、穂揃い期における点播水稻のLAIは散播水稻と同等であったが成熟期のLAIが高かった。すなわち、点播水稻は登熟期間中の下位葉の枯死程度が小さく、LAIが高く維持されることが示された。また、点播水稻は、登熟期間の光合成量の約80%を占める上位3葉 (北川ら 1992) の面積当たり窒素含有量が高く、個葉の光合成速度が増大した。したがって、点播水稻ではこのような成熟期のLAIの低下程度が小さいことや上位葉の光合成が旺盛なこと等により登熟期間の乾物生産量が増大したと考えられる。さらに、散播水稻では登熟期間の倒伏程度が点播水稻に比較して大きかったため、倒伏による受光態勢の悪化も、乾物増加量に播種様式間差を生じた要因としてあげられる。点播水稻が他の播種様式に比較して高い収量を示した事例 (世古ら

1983, 中村ら 1986, 尾形・松江 1998) では、これらの要因が関与したと推察される。本試験では精玄米重に播種様式間差を生じなかったが、点播水稻は高い登熟性を有することから、総粒数を増加させることによる増収が可能であると考えられる。

なお、食味品質と播種様式の関係については、尾形・松江 (1998) の報告において食味に対する播種様式の影響が認められていないが、本試験においても玄米窒素含有率に播種様式間差は生じなかった。このため、点播水稻は穂揃い期までの地上部の窒素含有率が高く推移するものの、玄米窒素含有率は増加せず、食味の低下を生じないことが示された。

3. まとめ

暖地における湛水直播栽培では旺盛な初期分けつによる初期生育の増大と、これにともなう窒素吸収の低下による粒数不足が懸念される。本試験で散播水稻と点播水稻の生育特性を比較した結果、点播水稻は株内の個体間競合の影響により分けつが少なく、初期生育が小さくなるとともに、生育中期の窒素吸収量が大きくなることが明らかとなった。しかしながら、点播水稻は散播水稻に比較して最高分けつ期から幼穂分化期の窒素含有率の低下が大きいため、窒素吸収量の増大にともなう総粒数の増加を生じなかったものと推察された。このため、点播栽培では、緩効性窒素肥料の利用や追肥による施肥法の改善により最高分けつ期から幼穂分化期の窒素含有率の低下を抑制するとともに、幼穂分化期の窒素吸収量を増大させることにより総粒数が増加すると考えられる。また、本試験において点播水稻は登熟性に優れることが明らかとなったことから、点播水稻は総粒数の増加にともなう増収が可能であることが示唆された。さらに、点播水稻は耐倒伏性が高いことが示されている (吉永ら 2001) ことから、多収条件でも倒伏を生じにくく、安定生産が可能となると推察される。本試験では苗立ち密度を1水準として散播水稻と点播水稻を比較したが、角田ら (1980) が指摘しているように散播栽培では極端な高密度や低密度条件による減収を生じやすいが、点播栽培では播種ムラを生じにくいため苗立ち密度の変動が小さいと考えられること、点播水稻は苗立ち密度が変動しても安定して高い耐倒伏性を示すこと (吉永ら 2001) などから、点播栽培は苗立ち密度の変動に対する収量の安定性も高いことが推察される。今後は、本試験で明らかとなった生育特性をもとに多収化のための施肥法等についてさらに検討を行う必要がある。

謝辞: 本研究の遂行にあたり鹿児島県農業試験場の竹牟禮稜氏には、1999年に九州農業試験場の依頼研究員としてご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

引用文献

相川宗蔵・森脇良三郎 1986. 水稻湛水直播栽培における播種様式が

- 生育相と収量に及ぼす影響. 日育・日作北海道談話会報 26:19.
- 江原宏・森田脩・金子忠相・藤山堯然 1998. 異なる苗立ち密度条件下における散播水稻個体の生育と収量の補償作用. 日作紀 67:11—19.
- 藤井薫・及川俊昭 1987. 水稻湛水直播における播種深度と分けつ. 東北農研 40:39—40.
- 石井龍一・角田公正・町田寛康 1972. 水稻個体群中の個体の生長に及ぼす株内競争と株間競争の影響について. 日作紀 41 (別 1):3—4.
- 北川寿・下坪訓次・松村修・安庭誠 1992. 水稻個体群条件下における葉別光合成量割合の生育に伴う変化. 日作紀 61 (別 1):114—115.
- 小林和広・堀江武 1994. 水稻の穎花ならびに枝梗分化に及ぼす生殖生長期の体内窒素の影響. 日作紀 63:193—199.
- 中鉢富夫・山家いずみ・武田良和・佐藤健司 1991. 被覆尿素を用いた湛水土中直播栽培の省力施肥法. 東北農業研究 44:93—94.
- 中村喜彰・村瀬治比古・渋谷栄・井の山悟 1986. 水稻の湛水土壌中直播栽培の研究—播種密度と生育特性—. 農機学会関西支報 56:8—9.
- 尾形武文・松江勇次 1998. 北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究—苗立ち密度ならびに播種様式が水稻の生育, 収量および米の食味特性に及ぼす影響—. 日作紀 67:485—491.
- 佐々木良治・山口弘道・松葉捷也 1999. イネの最大分けつ力からみた散播直播水稻の限界苗立ち密度. 日作紀 68:10—15.
- 世古晴美・佐村薫・越生博次 1983. 水稻湛水土中直播栽培の播種様式と生育収量. 近畿中国農研 66:9—12.
- 下坪訓次・富樫辰志 1996a. 水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究. 1. 点播直播について. 日作紀 65 (別 1):12—13.
- 下坪訓次・富樫辰志 1996b. 水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究. 2. 点播水稻と条播水稻の押倒し抵抗の比較. 日作紀 65 (別 1):14—15.
- 角田公正・刈屋国男・町田寛康 1980. ばら播き条件下における小面積内の栽植のかたよりが水稻の生育・収量に及ぼす影響. 日作紀 49:276—280.
- 吉永悟志・西田瑞彦・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次 2000. 湛水直播栽培における播種後の落水管理が施肥窒素の動態および水稻の生育・収量に及ぼす影響. 日作紀 69:481—486.
- 吉永悟志・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次 2001. 打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稻の耐倒伏性向上—播種様式および苗立ち密度が耐倒伏性に及ぼす影響—. 日作紀 70:186—193.
- 和田学 1980. 暖地水稻の Vegetative Lag Phase に関する作物学的研究—特に窒素吸収パターンとの関連—. 九州農試報 21:113—250.
- Won, J., W. Lee, C. Choi, C. Kim and B. Choi 1996. Growth characteristics and yield of hill-seeded rice in direct seeding. RDA. J. Agric. Sci. 38:49—55.

Growth Characteristics of Submerged Hill-Seeded Rice (*Oryza sativa* L.) in Warmer Regions of Japan —Difference of growth as compared with broadcast-seeded rice— : Satoshi YOSHINAGA*, Kenzo WAKIMOTO, Kohei TASAKA, Ken-ichi MATSUSHIMA, Tatsushi TOGASHI and Kunji SHIMOTSUBO (Natl. Agr. Res. Cent. for Kyushu Okinawa Region, Chikugo 833-0041, Japan)

Abstract : The growth characteristics of hill-seeded rice were compared with those of broadcast-seeded rice to establish the submerged direct seeding cultivation using a newly developed 'Shooting hill-seeder'. The hill-seeded rice suffered from severe growth competition among individuals at an earlier growth stage, and showed a decrease in tillering and dry matter production until the maximum-tillering stage. The nitrogen uptake at the panicle-initiation stage was higher in hill-seeded rice, because the growth reduction at the early growth stage resulted in higher nitrogen content during the period between maximum-tillering and full-heading stage. However, a higher nitrogen uptake did not increase the number of spikelets in hill-seeded rice because of a greater decrease in the nitrogen content during the period between maximum-tillering stage and panicle-initiation stage as compared with that in broadcast-seeded rice. Furthermore, in the hill-seeded rice, a higher LAI at the maturing stage and higher photosynthetic rate due to higher nitrogen content of leaf blade at the full-heading stage seemed to result in an increase of dry matter production during the ripening period. These results suggest that the number of spikelets is increased by the improvement of nitrogen application resulting in an increase in yield of hill-seeded rice.

Key words : Dry matter production, Hill-seeding, Nitrogen uptake, Rice, Seeding method, Submerged direct seeding.