

水稻の分げつの発育に及ぼすカイネチンの影響

金 留 福*・花 田 毅 一**

(*山東農業大学農学系・**筑波大学)

1992年7月27日受理

要 旨 : 水稻の分げつの発育に及ぼすサイトカイニンの影響を知るため、水稻を水耕栽培し、光強度、窒素濃度などが異なる条件下でカイネチンを水耕液に加えて根から吸収させ、植物体の生長、分げつの出現率、葉齢、長さなどに対する影響を観察した。また、異なる要素根からカイネチンを吸収させた時の影響の差異について観察した。草丈、苗齢、葉長などは光強度、窒素濃度、吸収要素根を問わずカイネチンによって抑制され、根数、根長も少数の例外を除き抑制された。分げつに対する影響は光条件によって大きく異なり、自然光下ではカイネチンが分げつ数の増加を抑制し、分げつの葉齢や長さに対しても一部の例外を除き抑制の傾向を示したが、遮光下では分げつ数の増加を促進し、また分げつの葉齢や長さにも顕著な促進を示した。遮光下で出現率が小さかった第2節、第3節分げつは、カイネチン処理時既に発育を停止していたとみられるが、このような分げつ芽に対しカイネチンが発育を促進して出現率を高めた。異なる要素根からカイネチンを吸収させても各節分げつに対する影響にはほとんど差異がなかった。

キーワード : カイネチン、サイトカイニン、水稻、光強度、分げつ、分げつ芽。

Effects of Kinetin on the Development of Tillers in Rice Plants: Liu-Fu JIN* and Kiichi HANADA**
(*Department of Agronomy, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong, People's Republic of China ; **University of Tsukuba)

Abstract : We observed the effects of kinetin absorbed from roots on the growth of main stem and tillers in rice plants grown in solution culture. The growth of the plants in plant length, plant age expressed by the number of leaves, length of leaves, number of roots and length of roots were inhibited, with a few exceptions, by kinetin irrespectively of light intensity and nitrogen concentration in the culture solution. The effects on the development of tillers were dependent on the light intensity. Kinetin inhibited the increase in number of tillers of the plant, the age of tillers expressed by the number of leaves and length of tillers with a few exceptions under natural light intensity. Under low light intensity, on the other hand, kinetin promoted the increase in number of tillers of the plant and the development of tillers in number of leaves and length. The development of the tillers at lower nodes such as the 2nd and 3rd nodes, whose development seemed to have stopped at the time when kinetin was absorbed, were promoted by kinetin. No relationship was observed between the nodal position of the roots supplied with kinetin and the nodal position of the tiller affected by kinetin.

Key words : Cytokinin, Kinetin, Light intensity, Rice, Tiller, Tiller bud.

水稻の分げつを含む植物の側芽の発育には、気象環境を始めとする外部環境条件のほか、体内諸条件の影響が大きく、特に、オーキシン、サイトカイニンなど植物ホルモンの果たす役割が大きい。

側芽の生長をオーキシンが抑制し³³⁾、サイトカイニンが促進すること^{2,28,34)}が知られ、サイトカイニンの一種カイネチンがオーキシンによる側芽の抑制を消去すること³⁴⁾、細胞分裂を停止した側芽に対してサイトカイニン処理が細胞分裂を誘起して生長を促すこと²⁾などが報告されている。サイトカイニンが側芽の生長を促進するとの報告はかなり多いが、水稻の分げつに対するサイトカイニンの影響については研究が少ない。花田・今井¹³⁾は寒天培養基上で培養した水稻分げつ芽の生長をカイネチンが促進することを観察し、また花田ら¹⁶⁾は深水下で分げつ芽

の生長が抑制されている浮稻で、根から吸収させたカイネチンが分げつ芽の生長を著しく促進することを報告した。

根はサイトカイニンの主要生成場所と考えられており^{25,31,32)}、根圏の環境がサイトカイニンの供給を通じて分げつの発育に関与する可能性が考えられる。著者らは水耕した水稻に根からカイネチンを吸収させた時の分げつの発育について実験を行い、分げつの発育特に不良環境下での発育に対するサイトカイニンの役割に関する若干の知見を得た。

材料と方法

実験は1987年、茨城県つくば市の筑波大学農林技術センター内のガラス室内で行い、第1実験と第2実験の2実験を行った。

材料はすべて日本型水稻品種日本晴を用いた。第1実験では1/10000 aポット、第2実験では1/5000

* 現在 154 東京都世田谷区池尻 4-9-22 (自宅)。

a ポットを用い、春日井氏水稻用水耕液（窒素濃度 40 ppm）で水耕して実験に供した。水耕液の pH は 5.5 に調整した。

第 1 実験は不良環境下での分げつの発育に及ぼすカイネチンの影響を明らかにするために行った。6 月 22 日、苗齢約 3.2 の苗をポット当たり 2 個体として水耕に移し、6 月 30 日（苗齢約 4.6）、次の 16 区に分けて処理を開始した。すなわち、全体を先ず自然光下と遮光下の 2 区に大別し、それぞれを多窒素区と少窒素区（以降、窒素を N と略記する）に分け、更にそれぞれにカイネチン濃度 $10^{-5}M$ 、 $10^{-6}M$ 、 $10^{-7}M$ の処理区及び無処理の 4 区を設けた。遮光区は黒寒冷紗 2 枚で遮光、N 濃度を多 N 区は 40 ppm、少 N 区は 4 ppm とし、カイネチン処理は、 $10^{-4}M$ 溶液を原液として所定濃度になるように水耕液中加入した。晴天日の自然光の光強度は 36 klx であり、遮光区の光強度は晴天日、曇天日ともに自然光の 40% 前後であった。処理開始時（無処理区のみ）と 7 月 15 日（無処理区苗齢 8~8.6）に各区 20 個体ずつを試料として採取、主茎と分げつの生長を測定した。

主茎の不完全葉を第 1 葉、その節を第 1 節として上方に葉位と分げつ節位の番号をつけた。分げつは主茎葉鞘外に出現した分げつのみならず主茎葉鞘内にあって出現していないものもすべて測定の対象とした。分げつの齢を示すため、主茎の苗齢に準じて前葉を除いた抽出葉数をもって分げつの葉齢とした。第 1 葉葉身が抽出未了（葉齢 1 以下）のものは、その抽出程度に応じて 0.1 から 0.9 までの数値で示した。分げつ（出現していない分げつ芽状態のものを含む。以下同じ）の長さはその基部から先端までの長さを、主茎の草丈に準じて mm 単位で測定した。

第 2 実験は、異なる要素根²⁾からカイネチンを吸収させた時の各節の分げつに及ぼす影響を観察するために行った。8 月 4 日苗齢約 3 の苗をポット当たり 1 個体ずつ移植して水耕を開始した。8 月 30 日（苗齢約 7.5）次の 8 区に分けて処理を開始した。すなわち、第 1 実験と同様に自然光下と遮光下に分け、それぞれに第 2 要素根、第 3 要素根又は第 4 要素根のいずれかからカイネチンを吸収させる区を設け、対照として無処理区を設けた。カイネチン濃度は、第 1 実験の結果特に遮光下での結果を参考にして、 $10^{-6}M$ とした。遮光は第 1 実験と同様、黒寒冷紗 2 枚で行った。光強度は、晴天日の自然光区 32 klx で、遮光区は自然光に比して 35% 前後であった。9 月 10

日（無処理区苗齢約 10）に各区 10 個体ずつ採取し、第 1 実験に準じて主茎と分げつの生長を測定した。

両実験を通じて、供試個体のうち主茎葉鞘外に出現していない分げつがある（出現率 100% 未満）時は、その節の分げつについては、出現しない分げつを含めた全個体の平均と出現した分げつのみとの平均との 2 通りの平均値を計算して、表に示した。

結 果

1. 個体の発育（第 1 表、第 2 表）

(1) 無処理区における個体の発育

第 1 実験（第 1 表）及び第 2 実験（第 2 表）において、遮光下の無処理区は自然光下の無処理区に比して草丈は高いが苗齢、分げつ数及び根数が著しく劣り、特に分げつ数の減少が著しかった。また、自然光下では N の多少による差異がみられ、草丈、苗齢、分げつ数において少 N 区は多 N 区に劣った。しかし、遮光下では特筆すべき影響がなかった。

(2) 個体の発育に及ぼすカイネチン処理の影響

第 1 実験（第 1 表）においては、光強度、N の条

第 1 表 光強度及び N 施肥量の異なる条件下におけるカイネチンの根部処理が個体の生長に及ぼす影響（第 1 実験）*1,*2.

		草丈 cm	苗齢	分げ つ数	根数	根長*3 cm
自然 光	無処理	36 ^d	8.6 ^a	4.4 ^a	42 ^b	18 ^{ab}
	多 Kin. $10^{-5}M$	17 ^{kl}	6.0 ^l	1.0 ^e	19 ^h	11 ^f
	N Kin. $10^{-6}M$	21 ^l	7.8 ^f	3.0 ^b	42 ^b	13 ^{de}
	Kin. $10^{-7}M$	34 ^e	8.4 ^b	4.1 ^a	42 ^b	15 ^c
	無処理	31 ^f	8.1 ^{cd}	2.4 ^c	40 ^b	19 ^a
	少 Kin. $10^{-5}M$	16 ^l	6.3 ^h	0.8 ^{ef}	27 ^g	13 ^{de}
	N Kin. $10^{-6}M$	19 ^j	7.2 ^g	1.8 ^d	35 ^c	13 ^{de}
	Kin. $10^{-7}M$	28 ^g	7.9 ^{ef}	2.6 ^{bc}	47 ^a	15 ^c
遮 光	無処理	46 ^a	8.2 ^c	0 ^g	28 ^{fg}	15 ^c
	多 Kin. $10^{-5}M$	18 ^{jk}	6.0 ^l	0.5 ^f	18 ^h	12 ^{ef}
	N Kin. $10^{-6}M$	24 ^h	7.3 ^g	1.9 ^d	29 ^{ef}	11 ^f
	Kin. $10^{-7}M$	42 ^b	7.9 ^{ef}	1.5 ^d	31 ^{def}	12 ^{ef}
	無処理	46 ^a	8.0 ^{de}	0 ^g	32 ^{cde}	17 ^b
	少 Kin. $10^{-5}M$	19 ^j	6.2 ^h	0.7 ^{ef}	25 ^g	13 ^{de}
	N Kin. $10^{-6}M$	24 ^h	7.2 ^g	1.8 ^d	33 ^{cd}	12 ^{ef}
	Kin. $10^{-7}M$	38 ^c	7.8 ^f	0.9 ^{ef}	32 ^{cde}	14 ^{cd}

*1: 7 月 15 日（処理開始 15 日後）測定。

*2: 光条件、N 条件及びカイネチン濃度を組み合わせた全処理区内で、右肩に同じ小英字を有する区間には有意差（Duncan の多重検定による、5%水準）がないことを示す。

*3: 根長は最長根長を示す。

第2表 異なる要素根から吸収させたカイネチンが個体の生長に及ぼす影響
(第2実験)*1,*2.

光	処理根*3	生体重 g	地上部			根部	
			草丈 cm	苗齢	分けつ数	根数	根長*4 cm
自然光	無処理	8.0 ^a	58 ^{abc}	10.1 ^a	8.5 ^a	99 ^a	25 ^{abc}
	2	6.7 ^b	54 ^{cd}	10.0 ^a	8.2 ^a	96 ^a	23 ^c
	3	7.4 ^{ab}	55 ^{bcd}	10.0 ^a	8.5 ^a	103 ^a	24 ^{bc}
	4	7.4 ^{ab}	54 ^{cd}	10.0 ^a	9.2 ^a	105 ^a	24 ^{bc}
遮光	無処理	3.4 ^d	61 ^a	9.7 ^b	2.8 ^b	50 ^b	27 ^a
	2	4.1 ^{cd}	52 ^d	9.6 ^{bc}	3.5 ^b	61 ^b	25 ^{abc}
	3	4.6 ^c	60 ^a	9.5 ^c	3.9 ^b	62 ^b	25 ^{abc}
	4	4.5 ^c	59 ^{ab}	9.7 ^b	3.6 ^b	61 ^b	26 ^{ab}

*1: 9月10日(処理開始11日後)測定.

*2: 光条件とカイネチン処理根を組み合わせた全処理区内で, 右肩に同じ小英字を有する区間には有意差(Duncanの多重検定による, 5%水準)がないことを示す.

*3: 2, 3, 4はそれぞれ第2, 3, 4要素根を示す.

*4: 第1表*3参照.

件を問わず, カイネチンが草丈及び苗齢に抑制効果を及ぼした. 根数に対しては, $10^{-5}M$ ではいずれの場合も抑制を示したが, $10^{-6}M$ は自然光少N下でのみ抑制を示し, $10^{-7}M$ は多N下では影響がなかったが, 少N下で根数を増加させた. 最長根長に対しては, ほとんどの場合カイネチンによる抑制がみられた. しかし, 第2実験(第2表)では草丈, 苗齢, 根数, 最長根長に対するカイネチンの効果は少数の例外を除きほとんどみられなかった.

分けつ数に対するカイネチンの影響は光条件によって著しく異なり, 自然光下では影響がない(第1実験 $10^{-7}M$ と第2実験) か又は顕著な抑制を示した(第1実験 $10^{-5}M$ 及び $10^{-6}M$) のに対し, 遮光下では増加(第1実験)又は有意ではないが増加の傾向(第2実験)を示した.

葉身長に及ぼすカイネチンの影響を, 第1実験で処理開始時に伸長が完了していなかった第6葉と第7葉³⁾について第3表に示す. 光強度, N条件に関わらずすべての濃度で葉身の伸長を抑制し, $10^{-5}M$ の抑制が特に著しかった. $10^{-7}M$ 区では抑制の程度が軽かった.

2. 節位別にみた分けつの発育(第4~5表)

第1実験(第4表)において, 分けつの発育に及ぼすカイネチンの影響は光強度とN条件によって著しく異なった.

全個体平均でみた場合, 自然光下では $10^{-5}M$, $10^{-6}M$ のカイネチンが多N, 少N両条件下で葉齢と長

第3表 光強度及びN施肥量の異なる条件下におけるカイネチンの根部処理が主茎葉身の長さ(mm)に及ぼす影響(第1実験)*1,*2.

処 理	第6葉		第7葉	
	自然光	遮光	自然光	遮光
多 無処理	155 ^{bc}	170 ^a	192 ^c	245 ^a
Kin. $10^{-5}M$	117 ^{hij}	112 ^j	—	—
Kin. $10^{-6}M$	133 ^{fg}	146 ^{cde}	126 ^f	154 ^e
N Kin. $10^{-7}M$	142 ^{def}	158 ^b	174 ^d	215 ^b
小 無処理	153 ^{bcd}	159 ^{ab}	178 ^d	244 ^a
Kin. $10^{-5}M$	113 ^{ij}	124 ^{gh}	—	—
N Kin. $10^{-6}M$	123 ^{ghi}	141 ^{ef}	111 ^g	147 ^e
Kin. $10^{-7}M$	145 ^{cde}	142 ^{def}	170 ^d	212 ^b

*1: 第1表*1参照.

*2: 光条件とカイネチン処理根を組み合わせた全処理区間内で, 葉位ごとに, 右肩に同じ小英字を有する区間には有意差(Duncanの多重検定による, 5%水準)がないことを示す. —は未抽出又は抽出初期のため測定不能.

さを抑制し, $10^{-7}M$ は多N下では他の濃度と同じく長さに抑制効果を示したが, 少N下では逆に長さに対して促進傾向を示した. これに対し, 遮光下ではNの多少に関わらず顕著な促進作用を示した. ただし $10^{-5}M$ は効果が小さかった. 促進効果は葉齢, 長さ, 出現率のすべてに及び, 出現率に特に顕著であった. すなわち, 無処理区では第2節以上の全分けつの出現率が0であったが, カイネチン処理が出現率を著しく増加させた. 遮光下でのカイネチンの効

第4表 光強度及びN施肥量の異なる条件下におけるカイネチンの根部処理が各節分けつの生長に及ぼす影響 (第1実験)*1,*2.

1. 全個体対象の平均値*3

		葉 齢**			長 さ (mm)					出現率(%)*5					
		2節	3節	4節	2節	3節	4節	5節	6節	2節	3節	4節	5節		
自然光	多	無処理	3.6 ^a	3.3 ^a	2.5 ^a	165 ^a	192 ^a	169 ^a	148 ^a	65 ^a	95	100	100	100	
		Kin. 10 ⁻⁵ M	1.1 ^{efg}	0.2 ^e	—	41 ^{fgh}	31 ^f	3 ^e	1 ^e	0 ^c	70	0	0	0	
		N Kin. 10 ⁻⁶ M	2.3 ^{cd}	2.6 ^b	1.5 ^b	66 ^{cdefg}	105 ^d	67 ^c	27 ^d	1 ^c	90	100	95	0	
		Kin. 10 ⁻⁷ M	3.3 ^{ab}	3.3 ^a	2.3 ^a	126 ^b	169 ^b	150 ^b	132 ^b	45 ^b	90	100	100	95	
	少	無処理	2.7 ^{bc}	2.5 ^b	1.2 ^c	73 ^{cdef}	105 ^d	66 ^c	34 ^{cd}	2 ^c	50	100	85	0	
		Kin. 10 ⁻⁵ M	1.0 ^{fg}	—	—	36 ^{gh}	25 ^f	4 ^{ef}	10 ^e	0 ^c	70	5	0	0	
		N Kin. 10 ⁻⁶ M	1.9 ^{cde}	1.7 ^c	—	55 ^{defg}	60 ^e	15 ^e	4 ^e	1 ^c	85	90	0	0	
		Kin. 10 ⁻⁷ M	2.1 ^{cd}	2.7 ^b	1.4 ^{bc}	82 ^{cd}	134 ^c	75 ^c	42 ^c	2 ^c	70	100	85	5	
	遮光	多	無処理	—	—	—	1 ⁱ	2 ^g	5 ^{ef}	5 ^e	5 ^c	0	0	0	0
		Kin. 10 ⁻⁵ M	0.5 ^g	—	—	29 ^{hi}	16 ^{fg}	1 ^f	1 ^e	0 ^c	40	0	0	0	
		N Kin. 10 ⁻⁶ M	2.5 ^{bc}	1.9 ^c	—	93 ^c	77 ^e	32 ^d	4 ^e	1 ^c	90	75	25	0	
		Kin. 10 ⁻⁷ M	1.5 ^{def}	—	—	78 ^{cde}	62 ^e	15 ^{ef}	10 ^e	2 ^c	65	60	0	0	
少	無処理	—	—	—	—	1 ⁱ	1 ^g	2 ^{ef}	4 ^e	2 ^c	0	0	0	0	
	Kin. 10 ⁻⁵ M	0.7 ^{fg}	0.2 ^e	—	35 ^{gh}	21 ^f	2 ^{ef}	1 ^e	0 ^c	55	15	0	0		
	N Kin. 10 ⁻⁶ M	2.1 ^{cd}	1.5 ^c	—	80 ^{cd}	70 ^e	32 ^d	3 ^e	1 ^c	75	80	20	0		
	Kin. 10 ⁻⁷ M	0.8 ^{fg}	0.7 ^d	—	47 ^{efgh}	25 ^f	5 ^{ef}	3 ^e	1 ^c	45	30	0	0		

2. 出現分けつ対象の平均値*6

		葉 齢*7			長 さ (mm)*7				
		2節	3節	4節	2節	3節	4節	5節	
自然光	多	無処理	3.8 ^a	3.3 ^a	2.5 ^a	174 ^a	192 ^a	169 ^a	148 ^a
		Kin. 10 ⁻⁵ M	1.6 ^f	—	—	49 ^e	—	—	—
		N Kin. 10 ⁻⁶ M	2.6 ^d	2.6 ^b	1.6 ^b	73 ^{de}	105 ^d	69 ^{cd}	—
		Kin. 10 ⁻⁷ M	3.6 ^{ab}	3.3 ^a	2.3 ^a	140 ^b	169 ^b	150 ^b	137 ^a
	少	無処理	3.5 ^{abc}	2.5 ^b	1.3 ^c	142 ^{ab}	105 ^d	73 ^{cd}	—
		Kin. 10 ⁻⁵ M	1.4 ^f	1.1 ^d	—	44 ^e	48 ^{gh}	—	—
		N Kin. 10 ⁻⁶ M	2.3 ^{de}	1.8 ^c	—	62 ^e	62 ^{gh}	—	—
		Kin. 10 ⁻⁷ M	2.9 ^{cd}	2.6 ^b	1.6 ^b	115 ^{bc}	134 ^c	82 ^c	65 ^b
	遮光	多	無処理	—	—	—	—	—	—
		Kin. 10 ⁻⁵ M	1.3 ^f	—	—	55 ^e	—	—	—
		N Kin. 10 ⁻⁶ M	2.7 ^d	2.5 ^b	1.1 ^c	102 ^{cd}	94 ^{def}	56 ^d	—
		Kin. 10 ⁻⁷ M	2.3 ^{de}	1.8 ^c	—	117 ^{bc}	100 ^{de}	—	—
少	無処理	—	—	—	—	—	—	—	
	Kin. 10 ⁻⁵ M	1.2 ^f	1.5 ^c	—	52 ^e	42 ^h	—	—	
	N Kin. 10 ⁻⁶ M	2.8 ^d	1.8 ^c	1.1 ^c	102 ^{cd}	80 ^{efg}	71 ^{cd}	—	
	Kin. 10 ⁻⁷ M	1.7 ^{ef}	2.2 ^b	—	99 ^{cd}	74 ^{fgh}	—	—	

*1: 第1表の*1参照.

*2: 右肩の小英字は分けつ節位ごとの処理区間の有意差の有無を示す. 第1表の*2参照, ただし, 出現分けつの平均値の有意差検定には Duncan の多重検定と t 検定を併用した.

*3: 分けつが未だ出現せず主茎葉鞘内にあるものを含む全個体の平均値.

*4: 葉齢の—は第1葉が見えないもの.

*5: 分けつが出現した個体数の供試個体数に対する割合.

*6: 出現率100%未満の区がある節について, 主茎葉鞘外に出現した分けつのみ平均値を示す.

*7: —は分けつ出現率0%のもの.

第5表 異なる要素根から吸収させたカイネチンが各節分けつの生長に及ぼす影響 (第2実験)*1,*2.

1. 全個体対象の平均値*3

	処理根*4	葉 齢*5					長 さ(mm)					出現率(%)*6				
		2節	3節	4節	5節	6節	2節	3節	4節	5節	6節	2節	3節	4節	5節	6節
自然光	無処理	0.6 ^b	4.7 ^a	4.2 ^a	3.3 ^a	2.1 ^a	30 ^b	322 ^a	418 ^{ab}	431 ^a	349 ^{ab}	0	100	100	100	100
	2	1.5 ^{ab}	3.8 ^a	4.0 ^{abc}	3.0 ^{abc}	1.8 ^c	98 ^{ab}	268 ^a	385 ^{bc}	392 ^{ab}	330 ^{ab}	40	90	100	100	100
	3	1.3 ^{ab}	4.3 ^a	4.1 ^{ab}	3.1 ^{ab}	2.0 ^{ab}	88 ^{ab}	285 ^a	391 ^{abc}	380 ^b	356 ^a	30	90	100	100	100
	4	3.3 ^a	4.5 ^a	3.9 ^{abcd}	2.9 ^{bcd}	1.9 ^{bc}	157 ^{ab}	322 ^a	372 ^c	384 ^b	325 ^b	50	100	100	100	100
遮光	無処理	1.1 ^{ab}	2.5 ^b	3.6 ^{cd}	2.7 ^{cde}	—	103 ^{ab}	165 ^b	428 ^a	428 ^a	8 ^c	20	80	100	100	0
	2	1.1 ^{ab}	4.0 ^a	3.7 ^{bcd}	2.5 ^e	—	21 ^b	344 ^a	404 ^{abc}	378 ^b	6 ^c	30	100	100	100	0
	3	3.0 ^{ab}	4.1 ^a	3.5 ^d	2.6 ^{de}	—	227 ^a	344 ^a	391 ^{abc}	391 ^{ab}	5 ^c	60	100	100	100	0
	4	2.4 ^{ab}	3.9 ^a	3.5 ^d	2.7 ^{cde}	—	183 ^{ab}	330 ^a	394 ^{abc}	398 ^{ab}	5 ^c	50	90	100	100	0

2. 出現分けつ対象の平均値*7

	処理根*4	葉 齢*8		長 さ(mm)		処理根*4	葉 齢		長 さ(mm)		
		2節	3節	2節	3節		2節	3節	2節	3節	
自然光	無処理	—	4.7 ^a	—	322 ^{ab}	遮光	無処理	5.6 ^a	3.2 ^d	514 ^a	207 ^b
	2	3.7 ^a	4.3 ^{ab}	244 ^a	298 ^{ab}		2	3.8 ^a	3.6 ^{cd}	207 ^a	344 ^a
	3	4.5 ^a	4.8 ^a	293 ^a	317 ^{ab}		3	5.0 ^a	4.1 ^{bc}	378 ^a	344 ^a
	4	4.8 ^a	4.5 ^{ab}	315 ^a	322 ^{ab}		4	4.8 ^a	4.1 ^{bc}	365 ^a	363 ^a

*1, *4:それぞれ第2表*1, *4参照.

*2:光条件とカイネチン処理根を組み合わせた全処理区内で,分けつ節位ごとに右肩に小英字を有する区間には有意差(Duncanの多重検定による,5%水準)がないことを示す.出現分けつの有意差検定は第4表*2参照.

*3, *5, *6, *7, *8:それぞれ第4表*3, *4, *5, *6, *7参照.

果は,葉齢,長さ,出現率のすべてにおいて $10^{-6}M$ が最大であった.

出現分けつの平均についてみた場合,自然光下での影響は全個体平均の場合とほぼ同様であったが,少Nでの第2節分けつの長さにおいて, $10^{-7}M$ が無処理に比して小さい傾向が見られた点が異なっていた.また,遮光下で $10^{-6}M$ の効果と比べた $10^{-7}M$ の促進効果が全個体平均に比べて大きくなる傾向がみられた.

第2実験の結果(第5表)を全個体平均でみると,分けつの発育に及ぼすカイネチンの影響は第1実験に類似し,自然光下で抑制の傾向,遮光下で促進の傾向を示した.この傾向は,出現分けつの平均でみた場合も全個体の平均でみた場合も同様であった.しかし,この実験では自然光下でも第2節分けつの出現率,葉齢及び長さに促進効果があり,遮光下では第2節及び第3節分けつには促進効果を示したが,第4節以上の分けつでは葉齢にほとんど影響がなく,長さに対して抑制の傾向を示した.第2節分けつは自然光下,遮光下ともに無処理区の出現率,葉齢,長さがいずれも第3節以上の分けつに比して

著しく不良であったが,これがカイネチン処理によって著しく促進された.

自然光下の第2節分けつの葉齢と長さにおいて,全個体平均では第4要素根区が他の要素根区に比して大きい傾向があったのに対し,出現分けつの平均ではその差は小さかった.その他の点では全個体平均の場合と同様の傾向を示した.

カイネチンを吸収させた要素根と影響を強く受ける分けつの節位との関係についてみると,自然光下で第4要素根から吸収させた場合の第2節分けつの促進が著しいことが観察されたが,全般的にみて特定の要素根と特定節位の分けつとの間に強い相互関係があることを示す事実は認められなかった.

考 察

遮光下では自然光下に比して分けつ数が著しく減少した.弱光下で稲の分けつ数が減少することは,深城⁶⁾,関谷²⁹⁾,清水ら³⁰⁾,陳⁷⁾,花田^{10,14)},本田・岡島¹⁷⁾など多くの報告があり,弱光下における光合成の低下がその主因と考えられる.

植物の根端がサイトカイニンの主要生成部位であ

ること^{25,31,32)}が知られ、Yoshida & Oritani³⁷⁾は水稻の根及び溢液中のサイトカイニン様物質を同定した。根以外でも稲の穎果²⁷⁾を含む発育中の果実や活発に分裂中の組織でサイトカイニンが生成されることが示されている^{9,22)}が、本実験で供試した初期生育段階の水稻では、根端がサイトカイニンの主要供給源とみられる。

サイトカイニンが植物の生長に及ぼす影響に関して、生長を促進したとの報告^{23,36)}と逆に抑制したとの報告^{6,35)}がともにみられる。Jordan & Skoog¹⁹⁾はサイトカイニンが無傷の植物の生長には影響しないが、根切除による生長抑制を回復させたことを報告した。このことは根がサイトカイニンの主要生成場所であることと併せ考えると興味ある事実である。根に対しても不定根の形成の抑制⁴⁾、側根形成の抑制⁵⁾などのように一般には根の生長を抑制するといわれる²⁴⁾が、不定根の形成を促進した¹⁾との報告もある。折谷・葭田²⁶⁾はカイネチンが1~50 ppmの濃度で発根を抑制し、0.01~0.1 ppmの濃度では促進したことを報告している。

本研究において、草丈、苗齢に対し、光強度、窒素条件、吸収要素根などすべての条件下でカイネチンが生長を抑制し、根数、最長根長に対しても、第1実験では少数の例外を除き抑制ないし抑制の傾向を示した。少N下で 10^{-7} Mの処理が根数を増加させたが、 10^{-7} Mは約0.02 ppmに当り、常に抑制を示した 10^{-5} Mは2 ppmに相当することから、この結果の促進に関する濃度は上記折谷・葭田²⁶⁾の観察とほぼ一致し、濃度によって発根に及ぼす影響の様相が異なることを暗示している。また処理開始後に伸長を完了した第6葉と第7葉の葉身³⁾が光強度とN条件にかかわらず常に 10^{-6} 及び 10^{-5} Mのカイネチン処理によって伸長を抑制され、特に 10^{-5} M区の抑制が著しかった。また、自然光下で、カイネチンが分げつの葉齢及び長さに対しても抑制することがみられた。本研究でみられたこれらの結果は、 10^{-7} M以上の濃度で吸収させたカイネチンが水稻の葉数の増加及び地上部と地下部の伸長生長を抑制すること、冠根の形成にも 10^{-5} M以上の濃度では抑制的効果を及ぼすことを示すものである。

植物の生長に対するサイトカイニンの顕著な作用として、側芽の発育促進がある^{2,28,34)}。Sachs & Thimann²⁸⁾はエンドウ幼植物の側芽にカイネチンを直接処理した時側芽の葉の形成が促進されることを観察した。

本研究において、分げつの発育に対するカイネチンの影響が光強度とN特に光強度の条件によって著しく異なった。第1,第2両実験を通じて、自然光下ではカイネチンが分げつ数に対して抑制ないし抑制的傾向を示し、遮光下では分げつ数の増加が顕著であった。第2実験の遮光下でみられたカイネチンによる生体重の増加は分げつ数の増加特に下位節分げつの出現率増加(第5表)によるところが大きいと考えられる。

第1実験の自然光,少N下及び第2実験自然光下の第2節分げつで出現分げつの平均に比べて全個体の平均ではカイネチン処理による促進が強く現れる傾向がみられたが、この事実はカイネチン処理が主茎葉鞘内にある小さな分げつの生長に促進的影響を与えたことを示すものと考えられる。

両実験を通じ、遮光下でカイネチンによる分げつの発育促進が顕著であった。また自然光下でも無処理区で出現率が著しく低かった第2実験の第2節分げつはカイネチンによる顕著な促進を受け、その他の分げつでは自然光下で抑制的傾向が見られた。第1実験の根長はすべての濃度のカイネチンによって抑制され、また根数もカイネチンによる抑制を受けている場合が多いことから、カイネチンによる分げつの抑制が根の発育抑制を通じた2次的影響である可能性も否定できないが、遮光下では根数、根長に抑制を受けた処理区を含めて分げつの発育がカイネチンによって促進されたことから、遮光下でのカイネチンの促進作用はカイネチン自体の効果によるものと思される。

上記第2実験自然光下の第2節分げつ並びに両実験の遮光下でカイネチンによる促進がみられた分げつは、無処理区の出現率が著しく低いものであり、かつその分げつの葉齢は片山による同伸性²⁰⁾から期待される葉齢に比して著しく低かった。第2節1次分げつや1次分げつの前葉節、第1節などに着生する2次分げつのような下位節分げつは不良環境下で発育が抑制されやすい¹⁴⁾性質がある。主茎葉鞘内で生長中の第2節又は第3節分げつ芽が密植条件下ではそれぞれ苗齢4又は5付近で発育を停止すること¹⁵⁾、発育を停止した分げつ芽では、葉の分化は著しく遅れるが完全に停止してはいないことが観察されている^{12,15)}。従って例えば第2実験の処理開始時(苗齢約7.5)に出現していなかった第2節や第3節の分げつ芽は処理に先立つ3齢~2齢前のかかなり早い時期に既に主茎葉鞘内で発育を停止し、処理時には

葉の分化も完全に停止してはいないまでも停止に近い状態であったと推測される。

Ali & Fletcher²⁾ は、分化後日が浅く細胞分裂を停止していない側芽ではジベレリンもベンジルアデニンも生長を促進するが、日数が経過して細胞分裂を停止した側芽ではベンジルアデニン単独又はベンジルアデニンとジベレリンの同時処理が生長を促進することを観察し、サイトカニンが細胞分裂を誘起して、その後の生長にジベレリンが作用すると考察した。花田・今井¹³⁾ は発育を停止した分げつ芽の培養基上での生長を 10^{-5} ~ 10^{-7} M のカイネチンが促進したことを観察したが、本実験において、発育を停止していたと思われる分げつ芽が発育を促進され、出現率が増加したことは、Ali & Fletcher²⁾ が示した細胞分裂を停止した側芽に対するサイトカニンの細胞分裂誘起効果によるものと推測される。

なお、第1実験の自然光・多N条件下では用いた全濃度のカイネチンが分げつの発育を抑制したが、自然光でも少N下では 10^{-7} M のカイネチンが分げつの長さに促進を示した。少N下の無処理区は多N下の無処理区に比して、遮光下の無処理区ほどではないが分げつの発育がかなり劣っていること、遮光下では 10^{-5} ~ 10^{-7} M の全濃度で促進を示したことを併せ考えると、分げつの発育が強く抑制される環境下では高濃度を含む範囲の濃度でカイネチンが促進作用を及ぼし、中程度ないし軽度に抑制されている分げつでは低濃度のカイネチンによって促進される可能性が示唆される。

カイネチンを吸収させた根の違いによって影響を受ける分げつの節位が異なる事実は、少数の例外を除いて、ほとんどみられなかった。花田が異なる葉からジベレリンを吸収させた時、処理した葉の違いによって影響される分げつの節位が異なる事実はみられなかった¹¹⁾。猪ノ坂¹⁸⁾ によれば、稲体の各葉及び分げつの維管束は辺周維管束及び節網維管束を通して稲体の各部分と連絡している。従って、葉から吸収させた場合と同様に根から吸収させた場合もその効果が稲体各部位に及ぶものと推測される。

本実験で得られた結果から、分げつの発育に好適な条件下では、カイネチンは分げつに対し地上部の生長一般に対すると同様に抑制効果を及ぼすが、不良環境下ではその発育を促進することが示された。この事実は寡照などのため分げつの増加が低調な場合に、分げつの増加にサイトカニンが重要な役割を果たすことを暗示している。根がサイトカニン

の主要生成器官であることを併せ考えれば、水稻栽培期間中の地下環境を良好に保って根の発育を促進し、その活性を高く維持することが分げつ数の確保に役立つものと考えられる。

謝辞: 本研究の遂行に当たり、筑波大学農林技術センターより多大の便宜供与を頂いた。また同センター香川邦雄講師(現助教授)ならびに農林学系作物学研究室の方々から様々なご助力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

1. 合阪純一・山口俊彦 1975. ダイズ子葉の培養組織における不定根および不定芽の形成. 日作紀 44 (別1): 129-130.
2. Ali, A. and R. A. Fletcher 1970. Hormonal regulation of apical dominance in soybeans. Can. J. Bot. 48: 1989-1994.
3. 嵐 嘉一・江口 広 1954. 水稻の葉の発育経過に関する研究(第1報) 葉身ならびに葉鞘の発育経過. 日作紀 23: 21-27.
4. Bollmark, M., B. Kubat and L. Eliasson 1985. The role of cytokinins in the regulation of adventitious root formation. Physiol. Plant. 64: 19A.
5. Bottger, M. 1974. Apical dominance in roots of *Pisum sativum* L. Planta 121: 253-261.
6. Brian, P. W. and H. G. Hemming 1957. Effect of gibberellic acid and kinetin on growth of pea stems. Naturwiss. 44: 594.
7. 陳 南凱 1963. 光温条件対水稻生育及結実率の影響. 植物生理通説 1: 15-18.
8. 深城貞義 1957. 稲の分蘖に関する研究 VIII. 日照度が稲の分蘖に及ぼす影響について. 香川大農報 8: 240-243.
9. Hall, R. H. 1973. Cytokinins as a probe of developmental processes. Ann. Rev. Plant Physiol. 24: 415-444.
10. 花田毅一 1964. 作物の分枝性に関する研究 第2報 水稻幼苗における遮光および移植が分げつ芽の分化および発育に及ぼす影響. 日作紀 33: 156-163.
11. ———— 1965. ———— 第3報 水稻苗における剪葉ならびに葉に対するジベレリンの添加が分げつ芽の生長に及ぼす影響. 日作紀 33: 247-254.
12. ———— 1965. ———— 第4報 水稻苗の間引き後における各節位分げつ芽の生長について. 日作紀 34: 217-224.
13. ————・今井 勝 1971. ———— 第13報 人工培養基上における水稻の生長中ならびに生長停止分げつ芽の生長に及ぼす IAA 及びカイネチンの濃度の影響. 日作紀 40 (別号1): 189-190.
14. ———— 1974. ———— 第8報 異なる照度および温度条件下における水稻品種の分げつ性の差異について. 日作紀 43: 88-98.
15. ———— 1977. 水稻における分げつ芽の分化ならびに発育に関する研究. 東京教育大農紀要 23: 43-

- 137.
16. ———・香川邦雄・横山靖子 1986. 深水条件下の浮稲における分げつ芽の生長に及ぼす通気及びサイトカイニンの影響. 日本熱帯農業学会第60回講演会講演要旨 20—21.
 17. 本田 強・岡島秀夫 1966. 稲の分げつと光環境 (1) 部分遮光の乾物生産および分げつ出現におよぼす影響. 東北大農研報 17:189—201.
 18. 猪ノ坂正之 1962. 稲の維管束の分化発達及び維管束による各器官の相互連絡と成育との関係についての研究. 宮崎大農研時報 7:15—116.
 19. Jordan, W. R. and F. Skoog 1971. Effects of cytokinins on growth and auxin in coleoptiles of derooted *Avena* seedlings. *Plant Physiol.* 48:97—99.
 20. 片山 佃 1951. 稲麦の分蘖研究. 養賢堂, 東京. 116.
 21. 川田信一郎・山崎耕宇・石原 邦・芝山秀次郎・頼光隆 1963. 水稻における根群の形態形成について, とくにその生育段階に着目した場合の一例. 日作紀 32:163—180.
 22. Krasnuk, M., F.H. Witham and J.R. Tegley 1971. Cytokinin extracted from Pinto bean fruit. *Plant Physiol.* 48:320—324.
 23. Kuraishi, S. and S. Okamura 1956. The effect of kinetin on leaf growth. *Bot. Mag.* 69:300—306.
 24. Leopold, A.C. and P.E. Kriedemann 1975. *Plant Growth and Development*. McGraw-Hill Book Co., New York. 162.
 25. Moor, T.C. 1989. *Biochemistry and Physiology of Plant Hormones*. 2nd ed. New York. 170—174.
 26. 折谷隆志・葭田隆治 1967. 作物の窒素代謝に関する研究 第2報 切断葉の窒素代謝に及ぼすカイネチンの影響について. 日作紀 36:509—513.
 27. Oritani, T. and R. Yoshida 1976. Studies on nitrogen metabolism in crop plants. XIV. Changes in cytokinins in rice grains during ripening. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 45:429—435.
 28. Sachs, T. and K.V. Thimann 1967. Role of auxin and cytokinin in the release of buds from apical dominance. *Am. J. Bot.* 54:136—144.
 29. 関谷福司 1952. 水稻幼作物の分げつ原基及び分げつ芽に関する研究 第2報 光が分げつ原基及び分げつ芽の發育に及ぼす影響 (予報). 日作紀 20:244—249.
 30. 清水 強・関口貞介・盛田英夫・須崎睦夫 1962. 主要作物の収量予測に関する研究 VIII. 水稻の分げつ発生に対する日射の影響. 日作紀 31:141—144.
 31. Short, K. C. and J. D. Torrey 1972. Cytokinins in seedling roots of pea. *Plant Physiol.* 49:155—160.
 32. Skoog, F. and R. Y. Schmitz 1972. Cytokinins. In Steward, F. C. ed., *Plant Physiology A Treatise*. Academic Press, New York. 208.
 33. Thimann, K. V. and F. Skoog 1934. On the inhibition of bud development and other functions of growth substances in *Vicia faba*. *Proc. Roy. Soc. (Lond.) B* 114:317—339.
 34. Wickson, M. and K. V. Thimann 1958. The antagonism of auxin and kinetin in apical dominance. *Physiol. Plant.* 11:62—74.
 35. Wittwer, S. H. and R. R. Dedolph 1963. Some effects of kinetin on the growth and flowering of intact green plants. *Am. J. Bot.* 50:330—336.
 36. Wright, S. T. C. 1968. Multiple and sequential roles of plant growth regulators. In Wightman, F. and G. Setterfield ed., *Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substances*. Runge Press, Ottawa. 521—542.
 37. Yoshida, R. and T. Oritani 1971. Studies on nitrogen metabolism in crop plants. X. Gas chromatographic isolation of cytokinins from rice plants. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 40:318—324.