

水稻根の発生と伸長に及ぼす植物 ホルモンおよび糖類の影響*

山本由徳
(高知大学農学部)

水稻苗は移植に伴う地上部あるいは根の損傷程度によって、移植直後の体内成分含有量¹⁰⁻¹⁴)や生長調節物質¹²)が著しく変化することを既に報告した。このような移植に伴う苗体内での諸成分の変化は活着により急速に回復するが、移植された苗の新根の発生や伸長に影響を及ぼし¹²⁻¹⁴)、さらには活着の遅速や初期生育の良否にも影響するものと考えられる。

そこで本研究では、水稻根(冠根)の発生と伸長に及ぼす植物ホルモンと糖類の影響について検討し、移植後の体内諸成分の変化が苗の発根に及ぼす影響についての基礎的知見を得ることを目的として行った。

実験材料と方法

供試品種として黄金錦を用い、1984年の7月下旬~10月上旬にわたって実験を行った。発根検定用の苗は、土壌を充填した1/5000 aポット(施肥は硫酸4g, 過石4g, 塩加2gを全層に混合)に佐竹⁸)の方法に従って芽切り粃を円形に20粒播種して育成した。そして、主稈の第9あるいは第10葉身が抽出を開始した時期に、生育の揃った苗を厳選して、山崎¹⁵)の“葉ざし”法bに従って第7あるいは第8要素を苗体より分離した。

供試ホルモンはジベレリン(GA₃), インドール酢酸(IAA), ベンジルアデニン(BA)およびアブシジン酸(ABA)の4種で、それぞれ所定の濃度(第1, 2表)を含む溶液(蒸留水使用)に、検定開始直前の60秒(GA₃)あるいは90秒(その他のホルモン)間、上述の要素の葉身を浸す方法(葉浸漬処理)と発根部位を検定期間中浸す方法(培地処理)によって処理を行った。なお、各ホルモンの葉浸漬処理では、いずれの濃度の場合にも展着剤を溶液100cc当り0.1ccの割合で添加した。

糖類についてはブドウ糖, 果糖およびショ糖の3種を供試し、処理方法は培地処理による。

発根検定には125cc容の三角フラスコを用い、葉浸漬処理では蒸留水を、また培地処理では所定の濃度の各植物ホルモンあるいは糖液を満し、1フラスコに1要素をスポンジで固定して5日または7日間、室内の窓際に置いて発根させた。この際、蒸留水あるいは溶液中に発根部位を含む基部3cmが

*大要は、第23回講演会(昭和61年11月)において発表

浸るように調節し、三角フラスコは光を遮断するためにアルミフイルで覆った。各処理区の反覆数は4-5とした。

各区とも発根検定開始後5日ないし7日目に全個体について発根数、総根長を測定し、さらに総根長÷発根数により平均根長を算出した。

実験結果と考察

GA₃ 1 ppm の葉浸漬処理および培地処理では、発根数には影響はみられなかったが、平均根長はやゝ長くなった(第1表)。その結果、総根長も無処理区にくらべて長くなったが、有意差(5%水準)は認められなかった。GA₃50 ppm 処理では、処理方法にかかわらず発根が促進され、とくに葉浸漬処理では有意に優り、さらに平均根長も長くなって総根長は無処理区を有意に凌いだ(第1表)。

一般にジベレリンは不定根の形成を抑制し⁴⁾、高濃度では生長を阻害すること^{3,4,9)}が知られている。しかし、本実験では上述のように発根および伸長生長に対して促進的な効果が認められ異なった。この原因の一つは本実験では発根に及ぼす植物ホルモンのより直接的な影響をみるために、地上部の生長部位を除いた要素による“葉ざし”法¹⁵⁾によったことが考えられ、さらに実験系を単純化した分離種子根の伸長がジベレリン(GA₃, GA₄)によって促進されることはRADIとMAEDA⁷⁾によって報告されている。

IAAについては、葉浸漬処理により発根数が増加し1 ppm 付近に最適濃度が認められたが、平均根長への影響はほとんど認められなかった(第2表)。そして、総根長は0.1-10 ppm 処理で増加したが対照(0 ppm)区との間に有意差はみられなかった。一方、培地処理では高濃度(1-10 ppm)で発根が促進された^{3,4)}が伸長は著しく抑制され、総根長は0.1 ppm 以上で対照区にくらべて有意に劣った(第3表)。川田・松井²⁾は“葉ざし”法¹⁵⁾により発根後の水稻根の伸長に対する培地のIAAの効果について検討し、 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ M (0.175-17.5 ppm) 濃度の範囲では濃度が高いほど伸長が抑制されることを報告しており、本実験の0.1-10 ppm 濃度範囲の結果と一致した。しかし、本実験ではさらに低濃度の0.01 ppm では発根が抑制されたものの、根の伸長は有意に促進され(第3表)、この点についてはRADIとMAEDA⁷⁾および折谷・杉山⁶⁾が、それぞれ 10^{-7} M (0.0175 ppm) および0.01 ppm 以下の低濃度IAAによるイネ分離根の伸長促進効果を報告しており傾向を一にする。

次にBA(実験1)の影響についてみると、葉浸漬処理では発根が10 ppm 以上で、

第1表 水稻根の発生と伸長に及ぼすGA₃処理の影響

処理部位	濃度	根数	総根長	平均根長
無処理	0	8.8bc	480b	55.6a
葉浸漬	1	8.0c	632b	80.3a
	50	12.3a	840a	70.1a
培地	1	8.8bc	628b	71.6a
	50	11.0ab	860a	77.9a

注1) 5日目測定

2) a~cは異符号間に5%の有意差あり

また伸長は100 ppm以上の濃度で明らかに抑制され総根長は10 ppm以上の濃度で対照区にくらべて有意に劣った(第2表)。培地処理では発根、伸長の抑制効果がさらに顕著に認められ、1 ppm以上の濃度では発根がほとんど認められなくなり、さらに0.1 ppmにおいても発根、伸長は対照区にくらべて有意に劣った(第3表)。そこで、さらに濃度が低い範囲(0.001-1.0 ppm)のBAの影響(実験2)についてみると、葉浸漬処理では濃度が高いほど発根が抑制され、1 ppm処理区の総根長は対照区にくらべて有意に劣った(第2表)。また、培地処理では発根、伸長ともに濃度が高いほど抑制され、0.001 ppm処理区でも総根長は対照区にくらべて有意に劣った(第3表)。そして、実験1と同様に1 ppm処理区では全く発根がみられなかった(第3表)。

一般にBAを含むサイトカイニンは根の生長に阻害的に働くことは広く認められている⁴⁾。また、川田・松井²⁾は上述のIAAと同様に、カイネチンの $10^{-7} \sim 10^{-5}$ M (0.0215-2.15 ppm)の範囲では濃度が高いほど水稻根の伸長が抑制されることを報告しており、本実験の0.01-1 ppmの濃度範囲の結果と一致した。しかし、最近、イネ分離根の伸長がごく低濃度域(10^{-10} M)のカイネチンおよびBAによって促進されること⁷⁾、またゼアチンでは品種によって0.01-0.001 ppmの濃度範囲で

第2表 水稻根の発生と伸長に及ぼす植物ホルモンの影響(葉浸漬処理)

ホルモン	濃度	根数	総根長	平均根長
IAA	0	18.5 a	473 a	25.4 a
	0.01	19.5 a	472 a	24.1 a
	0.1	21.0 a	578 a	27.4 a
	1	22.5 a	538 a	24.0 a
	10	21.8 a	553 a	25.3 a
BA (実験1)	0	12.3 a	553 a	46.7 a
	0.1	11.5 a	459 ab	45.2 a
	1	11.3 a	486 ab	44.1 a
	10	7.8 a	342 b	45.2 a
	100	2.3 b	94 c	10.4 b
BA (実験2)	0	20.3 a	426 a	21.1 a
	0.001	19.8 a	524 a	26.4 a
	0.01	17.0 ab	442 a	26.1 a
	0.1	17.3 ab	492 a	27.9 a
	1	13.8 b	372 a	26.1 a
ABA	0	9.5 a	469 a	51.4 a
	0.1	9.3 a	505 a	55.0 a
	1	10.5 a	510 a	50.9 a
	10	11.8 a	523 a	47.3 a
	100	9.5 a	415 a	44.0 a

注1) 5日目測定

2) a~cは異符号間に5%の有意差あり

第3表 水稻根の発生と伸長に及ぼす植物ホルモンの影響(培地処理)

ホルモン	濃度	根数	総根長	平均根長
IAA	0	21.8 bc	503 a	23.0 b
	0.01	15.5 d	452 ab	29.5 a
	0.1	19.0 cd	376 bc	19.5 b
	1	24.5 b	247 cd	10.1 c
	10	30.5 a	135 d	4.4 d
BA (実験1)	0	13.8 a	502 a	38.3 a
	0.1	3.4 b	47 b	9.3 b
	1	0.2 c	1 b	1.2 c
	10	0.0 c	0 b	0.0 c
	100	0.0 c	0 b	0.0 c
BA (実験2)	0	16.0 a	454 a	28.3 a
	0.001	11.8 b	255 b	23.0 ab
	0.01	15.5 ab	258 b	16.6 bc
	0.1	7.8 c	95 c	13.4 c
	1	0.0 d	0 d	0.0 d
ABA	0	11.0 bc	554 a	51.1 a
	0.1	13.6 b	416 b	31.1 b
	1	17.4 a	458 b	27.3 b
	10	13.4 b	130 c	9.9 c
	100	8.2 c	26 c	3.1 c

注1) 5日目測定

2) a~dは異符号間に5%の有意差あり

生長促進効果のあること⁶⁾が報告されており、今後、さらに低濃度域での検討を要する。

ABAの葉浸漬処理では明瞭な影響は認められなかったが、10 ppm 前後の濃度で発根がやや促進され、また10 ppm以上の濃度では伸長が抑制される傾向がみられた(第2表)。これに対して培地処理では、さらに低濃度の1 ppmで発根が有意に促進されたが、0.1 ppm処理区においても伸長は著しく抑制され、総根長はいずれの濃度においても対照区にくらべて有意に劣った(第3表)。

ABAが不定根の発根を促進することは、いくつかの植物で認められており⁴⁾、さらに折谷・杉山⁶⁾はイネ分離根の生長が低濃度のABA(0.001 ppm)で促進されるが、高濃度(0.1 ppm)では阻害されることを報告しており、本実験の結果と一致した。

ここで各植物ホルモンの処理方法による発根への影響の度合についてみると、GA₃は処理方法による明瞭な差異は認められなかったが、その他のホルモンでは常に葉浸漬処理にくらべて培地処理の効果が大きかった。これには、葉身からの各植物ホルモンの吸収の難易度や吸収後、発根部位への移動の難易度などが関与しているものと考えられるが、今後処理時間を含めて検討を要する。

次に糖類の影響についてみると第4表のとおりである。発根に及ぼす糖類の影響は、本実験の供試濃度(0.06–2.0%)の範囲では全般に小さく、いずれも対照区との間に有意差は認められなかった。しかし、根の伸長に対しては糖の種類によって著しく影響が異なり、ブドウ糖の0.6–2.0%および果糖の0.06–0.6%で促進効果が認められ、ブドウ糖2%区の総根長は対照区にくらべて有意に優れたのに対して、ショ糖ではこのような単糖類でみられた根の伸長促進効果は認められなかった。これらの結果は、川田・松井²⁾が水

稲根の伸長に対する糖類の影響について検討し、ブドウ糖では0.5–3.0%の濃度範囲で伸長促進効果がみられたが、果糖の1%およびショ糖の2%濃度では伸長促進効果は認められなかったと報告している結果と一致した。しかし、本実験により果糖では1%以下の低濃度では伸長促進効果が認められること、またショ糖では2%以下の低濃度においても伸長促進効果の認められないことが示された。

第4表 水稻根の発生と伸長に及ぼす糖類の影響(培地)

糖	濃度	根数	総根長	平均根長
Cont.	0 %	21.2a ^本	1062bcd ^{mm}	50.5ab ^{mm}
Glucose	0.06	22.4a	867def	40.2bc
	0.12	22.6a	880cdef	38.8bc
	0.6	20.8a	1094bc	53.1a
	2.0	22.2a	1299a	59.2a
Fructose	0.06	19.6a	1033bcde	53.4a
	0.12	17.0a	926cdef	54.9a
	0.6	20.2a	1160ab	57.7a
	2.0	20.2a	985bcdef	48.7abc
Sucrose	0.06	21.0a	824ef	40.0bc
	0.12	21.8a	775f	36.0c
	0.6	23.6a	950bcdef	40.7 b c
	2.0	22.8a	894cdef	40.2bc

注1) 7日目測定

2) a~fは異符号間に5%の有意差あり

以上のように、植物ホルモンおよび糖類は水稻根の発生あるいは伸長に影響を及ぼしていることは明らかである。従って、著者らがこれまでに報告してきた移植直後における苗体内の生長調節物質¹²⁾や炭水化物含有量^{10~14)}の著しい変化は、苗の新根の発生と伸長に影響を及ぼしているものと考えられた。とくに、生長調節物質については、移植に伴う断根によるサイトカイニンの生成量の減少⁴⁾や含水量の低下を通しての ABA 含有量の増加^{1, 4)}等は容易に推定される。また、炭水化物含有量については、移植に伴い苗の茎部¹³⁾に糖が著しく蓄積し、さらに糖の増加を還元糖（水稻では大部分がブドウ糖と果糖である⁵⁾）/全糖（還元糖に非還元糖のショ糖を加えたものから大部分がなる⁵⁾）比率に着目してみると、この比率が移植直後に高まること、またその程度は根の損傷あるいは地上部の損傷程度の著しいほど大となった（著者未発表）。これらのことは、本実験の結果より推定すると、いずれも移植された苗の新根の発生あるいは伸長を促進するように体内成分の変化が生じくいるようにも考えられ、興味深い。

摘 要

山崎¹⁵⁾の“葉ざし”法 b（第 7 または第 8 要素供試）によって、水稻根の発生と伸長に及ぼす植物ホルモンおよび糖類の影響について検討した。処理方法は所定の濃度のホルモンあるいは糖液に、発根部位を検定期間中（5 日または 7 日間）浸す方法（培地処理）と検定開始直前に葉身を浸す方法（葉浸漬処理）によった。

1. GA₃は両処理とも 1 ppm では伸長を促進したが、発根への影響はみられなかった。50 ppm では発根、伸長ともに促進し、総根長は無処理区に有意（5%水準）に優った。
2. IAA の影響は葉浸漬処理では全般に小さかった。一方、培地処理では高濃度（10 ppm）で発根を、また低濃度（0.01 ppm）で伸長を有意に促進したが、総根長は対照（0 ppm）区に劣った。
3. BA の葉浸漬処理では 1 ppm で発根がまず抑制され、さらに高濃度（100 ppm）では伸長も抑えられた。また、培地処理では 1 ppm 以上の濃度でほとんど発根がみられなくなり、0.001–0.1 ppm の範囲でも発根、伸長ともに抑制され、総根長は有意に劣った。
4. ABA は葉浸漬処理では明瞭な影響は認められなかった。培地処理では 1 ppm で発根が有意に促進されたが、伸長はいずれの濃度でも抑制され、総根長は有意に劣った。
5. 発根に及ぼす培地の糖の種類および濃度の影響は認められなかったが、伸長はブドウ糖 0.6–2.0% および果糖の 0.06–0.6% でやや促進され、総根長はブドウ糖 2.0% で有意に優った。

以上より、著者らがこれまでに報告してきた水稻苗の移植に伴う生長調節物質および炭水化物含有量の変化は、移植直後の苗の発根と伸長に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

引用文献

1. HSIAO, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 519–570.

2. 川田 信一郎・松井重雄 1979. “葉ざし”法によって生育させた水稻冠根の直径等に及ぼす諸要因の影響. 日作紀 48:131-138.
3. 久保 顕・佐々木信介 1973. 数種の植物生長調節物質によるイネの生長制御について. 日作東北支部会報 15:10-12.
4. 増田芳雄・勝見允行・今関英雅 1971. 植物ホルモン. 朝倉書店. 東京. pp.368.
5. 村山 登他 1955. 水稻の生育に伴う炭水化物の集積過程に関する研究. 農技研報B 4:123-166.
6. 折谷隆志・杉山晃美 1986. イネ分離根の生長に及ぼす植物ホルモンの影響. 日作紀 55(別2):199-200.
7. RADI, S. H. and E. MAEDA 1986. Cultures of excised rice roots modified by some growth regulators simultaneously utilizing two separate media. Japan. Jour. Crop Sci. 55:504-512.
8. 佐竹徹夫 1972. イネポット栽培改良法——生育時期の揃った穂を得るために—— 日作紀 41:361-362.
9. 高橋 清・佐藤 庚・藤野敏明 1972. ジベレリン酸処理が水稻の生育・収量に及ぼす影響. 日作東北支部会報 14:43-46.
10. 山本由徳・前田和美・林 喜三郎 1978. 水稻の植傷みに関する研究. 第2報 移植後の体内有機成分含有量並びに生長速度に及ぼす苗の剪根の影響. 日作紀 47:39-47.
11. ——・——・—— 1976. 第3報 苗の剪根の有無が移植後2週間における分けつの生長および主稈各葉の有機成分含有量に及ぼす影響. 日作紀 45(別2):1-2.
12. —— 1979. 水稻の移植に伴う含水量, 体内有機成分含有量並びに生長調節物質の消長と初期生長との関係. 日作四国支紀 15:1-6.
13. —— 1984. 水稻の地上部および地下部切除処理が生育・収量に及ぼす影響 3. 苗の一部切除処理が移植後初期の生育, 体内成分含有量と収量形質に及ぼす影響. 日作紀 53(別1):40-41.
14. —— 1986. 水稻の植傷みに関する研究. 第12報 移植後の苗各部位における成分含有量の変化——とくに直播稻との比較—— 日作紀 55(別1):58-59.
15. 山崎耕宇 1978. 水稻冠根の生育を観察するための“葉ざし”法について. 日作紀 47:440-441.