ニコチン酸アミドの植物の生育調節作用に関する研究

第1報 ニコチン酸アミドがイネ苗の生育におよぼす影響*

讃 井 蕃**・中山正義***・太田保夫***

(**科研化学株式会社・***農業技術研究所)

昭和51年4月30日受理

TAKEUCHI らは¹⁵⁾、イネ籾殻中に存在する発芽初期の生育に關与する生理活性物質を探索し、ハドサドリ (Hadsaduri, Indica) の籾殻から70% メタノールで抽出される分画に、イネの生長を促進する物質を認め、ニコチン酸アミドと同定した。ニコチン酸アミドが植物体内に存在することはすでに知られていたが、その植物体内における役割はほとんど解明されていない。TAKEUCHI らは¹⁵⁾、イネに対する生理活性を調べ、非常に低濃度 (0.1 ppm) で草丈の伸長促進、葉緑素含量の増加などをひきおこす作用があることを報告した。また、サトウダイコンの根および葉の生育促進²⁾、冬小麦の収量および、蛋白含量の増加³⁾をひきおこしたという報告もある。ニコチン酸はビタミンB複合体の一つ (B₃) であり、そのアミドであるニコチン酸アミドと共に全くニコチンの毒性を有しない化合物で使用に當って環境汚染の恐れは少ないと考えられる。

本報では、ビタミンB複合体の一つであり、また補酵素の一成分として知られているニコチン酸およびニコチン酸アミドがイネ苗の生育におよぼす作用性について基礎的な検討をすると共に、ニコチン酸アミドのイネ稚苗の素質に対する効果について検討した結果を報告する。

実験材料および方法

1. ニコチン酸およびニコチン酸アミドの生理活性の比較

イネ幼芽の生長試験は催芽種籾を管ビン内に入れ、両薬剤の各濃度液を2 ml 加注し、3日ごとに交換し、恒温器 (4000 ルックス, 30°C) 内で培養し、10日後に幼芽長を測定した。

葉緑素保持力試験は6葉期イネの展開葉中央部を2 cm の切片とし、両薬剤の液に浮べ、これを直ちに恒温器 (暗黒, 30°C) に入れ、4日後にこれら切片50 mg を

80% アセトン 5 ml で葉緑素を抽出し、660 nm で比色し葉緑素分解の程度を測定した。

つぎに発芽および初期生育におよぼす影響をみる試験は1/5000 アールポットで土耕栽培したイネを供試し、収穫前に両薬剤の1000 ppm 液を1ポット当り30 ml 穂および茎葉に十分散布した。収穫した種籾を用いて、収穫1カ月後にその発芽および初期生育におよぼす影響を調べた。発芽調査は20°C の条件下で50粒について行ない、生育調査は発芽調査が終了した置床16日後に、芽長および根長を測定した。

2. ニコチン酸アミドがイネ苗の幼根の生長におよぼす影響

イネ種籾を管ビン内に入れ、濃度の異なるニコチン酸アミド液を2 ml 加注し、パラフィルムで密封し、恒温器 (3000 ルックス, 30°C) 内で培養し、7日後に根の生体重を測定した。

3. ニコチン酸アミドの根部浸漬処理によるイネ苗の伸長におよぼす影響

5葉期のイネ苗の根部を24時間0.1, 1 ppm のニコチン酸アミド溶液に浸漬し、処理後1/5000 アールポットに移植し、20日後に生育調査を行なった。

4. ニコチン酸アミドが稚苗の生育におよぼす影響

育苗箱 (60×30×3 cm) によく碎土した鴻巣畑土壌を5.4 l (硫安7.5, 過石7.5, 塩化4.0 g を含む) をつめ、催芽種籾0.3 l を播種し、覆土した後ニコチン酸アミドを箱当り0.5, 1, 2 g を水500 ml に溶かしてジョーロで灌注した。またヒドロキシイソキサゾール液剤を1000倍に希釈して箱当り500 ml 灌注後ニコチン酸アミドを併用処理する区を設けた。稚苗の管理は常法に従って行なった。

苗の発根力試験は播種2週間後に稚苗の根を茎基部より1.5 cm 残し、稚苗を鴻巣水田土壌によく代かきしてから移植し、1週間後に新根の発生程度を測定した。

根の生理的活性試験は播種2週間後に根の2, 3, 5-トリフェニルテトラゾリウムクロライド (TTC) 還元力¹⁾、20日後に α -ナフチルアミン酸化力²⁰⁾を測定し

* 大要は第158回講演会 (昭和49年10月) において発表

Table 1. Effect of nicotinamide and nicotinic acid on shoot growth of rice seedlings (Nihonbare) by soaking seeds.

Concentration (ppm)	Shoot length(mm)	
	Nicotinamide	Nicotinic acid
0	65.3 (100)	65.3 (100)
0.1	68.3 (105)	54.8 (84)
1	72.5 (111)	56.5 (87)
10	71.6 (110)	64.0 (98)
100	69.3 (106)	63.2 (97)

Measurement was made 10 days after sowing. Each parenthesized value is the percentage to the control.

た。還元力の測定は TTC 反応を示す根を 20 ml の酢酸エチル中で磨碎し、溶出した赤色のトリフェニルホルマゼンを 480 nm で比色した。

苗の屈起力試験は播種2週間後の稚苗を土をつけたまま土壌ブロック (10×2×3 cm) として切りとり、水を湛えたバットに水平に倒して6日間屋外に置き、立ち上がりの角度を測定した。なお屈起角度は第1葉 (不完全葉) に対する角度で表わした。

5. ニコチン酸アミドのイネ苗の生長促進効果発現時期について

イネ苗における生育促進効果発現の時期を検討するために水耕法 (0.1 および 1 ppm のニコチン酸アミドを含む春日井培養液) で栽培し、培養液は3~4日ごとにとり換えて、ガラス室内で育てた。28日後に主根について葉位別に葉身長を測定した。

実験結果および考察

1. ニコチン酸とニコチン酸アミドとの生理活性の比較

両薬剤のイネに対する影響を幼芽の生育、葉緑素保持力および収穫前に穂、茎葉に散布処理して収穫した種粒を用いての発芽性、初期生育について検討した。まずイネ幼芽長におよぼす影響を調べた結果、第1表に示したように、ニコチン酸は0.1~100 ppmの濃度で幼芽長の促進効果はみられず、むしろ抑制された。一方ニコチン酸アミドは0.1~100 ppmの濃度で対照区に比べてやや促進した。葉緑素保持力におよぼす両薬剤の影響は第2表に示したとおりである。両薬剤とも対照区に比べて、葉緑素含量が高く、葉緑素の分解は明らかに抑制されたが、その作用はニコチン酸に比べてニコチン酸アミドの方が顕著に強かった。さらに土耕栽培したイネの収穫前に両薬剤を穂お

Table 2. Retention of chlorophyll of leaf blade by nicotinamide and nicotinic acid in rice seedlings (Nihonbare) kept in darkness at 30°C for 4 days.

Concentration (ppm)	Chlorophyll retention (660nm)	
	Nicotinamide	Nicotinic acid
0	0.08 (100)	0.08 (100)
1	0.388 (485)	0.156 (195)
10	0.484 (605)	0.292 (365)
100	0.382 (478)	0.25 (313)
1000	0.271 (339)	0.236 (295)

Each parenthesized value is the percentage to the control.

Fig. 1. Effect of nicotinamide and nicotinic acid on germination of rice seeds (Norin No. 29).

1000 ppm of nicotinamide or nicotinic acid solution were applied to foliar and ear just before harvesting, germination test was carried out one month after harvest.

よび茎葉に散布して収穫した種子を用いて、両薬剤の発芽および初期生育におよぼす影響をみた。第1図に示したとおり、発芽についてはニコチン酸は対照区とほぼ同様の傾向で促進作用は認められなかったが、ニコチン酸アミドは置床後7日目には対照区およびニコチン酸区に比べて2倍の発芽率を示し、8日目では前者両区が50%以下の発芽率であるのに、ニコチン酸アミド区は74%の発芽率となった。以上のように本実験ではニコチン酸は発芽を促進する効果はみられなかったが、ニコチン酸アミドは顕著な発芽促進効果が認められた。幼芽長、幼根長に対する影響は第3表に示した。ニコチン酸、ニコチン酸アミドとも対照区に比べて促進されたが、その効果はニコチン酸アミドがより優っていた。すでに両薬剤ともにビート、冬小麦

などの収量を増加させる効果が認められ、BOGDANOVAら²⁾によるとビートの根や葉の生育が、ニコチン酸は0.01%、ニコチン酸アミドは0.005%の濃度で顕著に促進されたと述べており、ニコチン酸アミドはより低濃度で効果を示すと報告している。このようにニコチン酸アミドはニコチン酸より植物に対する生理活性がより優れていると推測される。

以上の結果に基づいて以後はニコチン酸アミドを用いてイネ機械移植用の苗素質におよぼす影響について基礎的な作用性を検討した。

2. ニコチン酸アミドがイネ苗の幼根の生長におよぼす影響

0.01~100 ppm のニコチン酸アミド溶液にイネ種

Table 3. Effect of nicotinamide and nicotinic acid on growth of rice seeds (Norin No. 29).

	Control	Nicotinamide	Nicotinic acid
Shoot length (mm)	6.6 (100)	10.4 (158)	8.4 (127)
Root length (mm)	21.8 (100)	35.4 (162)	29.0 (133)

Experimental material is the same as Fig. 1. Measurement was made at 16 days after sowing. Each parenthesized value is the percentage to the control.

Table 4. Effect of nicotinamide on growth of rice seedlings (Tanginbouzu) by pre-transplanting treatment.

Concentration (ppm)	Plant height (mm)	Root length (mm)	Fresh wt. of top (g)	Fresh wt. of root (g)
0	272 (100)	149 (100)	1.167 (100)	0.419 (100)
0.1	291 (107)	163 (109)	1.408 (121)	0.470 (112)
1	325 (120)	175 (117)	1.722 (148)	0.839 (200)

Measurement was made 20 days after transplanting.

Each parenthesized value is the percentage to the control.

Table 5. Effect of nicotinamide on growth of rice (Nihonbare) roots 14 days after sowing.

		Dosage of nicotinamide (g)			
		0	0.5	1	2
Root length (mm)	A	59.9	79.7	81.5	94.9
	B	99.8	101.8	98.3	101.0
Number of roots	A	11.7	10.7	12.1	14.7
	B	12.2	15.1	16.1	15.1
Dry wt. of top (mg)	A	28.1	30.1	33.2	34.9
	B	32.7	33.8	35.8	33.8

Note; A: Nicotinamide only.

B: Nicotinamide with hydroxy isoxazole.

籾を浸漬し、根の生体重におよぼす影響を調べた(第2図)。0.01~0.1 ppm の濃度でやや生体重が増加し、1 ppm の濃度では根の生長が著しく促進され、対照区の生体重の約1.3倍となった。しかし10~100 ppm の濃度ではほとんど対照区と同様で生体重増加の効果はみられなかった。

3. ニコチン酸アミドの根部浸漬処理によるイネ苗の伸長におよぼす影響

ニコチン酸アミド溶液中に根部浸漬することにより、0.1 および 1 ppm の両濃度ともに生育促進効果が認められた(第4表)。特に1 ppm では草丈および根長ともに対照区に比べて約20%の伸長促進が認められ、また生体重でも地上部は48%、地下部では100%対照区より増大する効果を示した。

4. ニコチン酸アミドが稚苗の生育におよぼす影響

イネの種籾播種時にニコチン酸アミド単独およびヒドロキシイソキサゾールとの併用処理で育苗したイネ苗を用いて苗質の向上におよぼす影響をみた。イネ苗の根の生長におよぼす影響は第5表に示したように根長は、ニコチン酸アミド単独のA区では処理量が増加するに従い増大し、一方ヒドロキシイソキサゾールと併用処理したB区では処理量間に差がみられなかった。根数に対してはA区では0.5 g 処理は対照区より

Fig. 2. Effect of nicotinamide on root growth of rice seedlings by soaking seeds (Nihonbare). Measurement was made 7 days after sowing.

Fig. 3. Effect of nicotinamide on 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride (TTC) reducing activity in rice (Nihonbare) roots 14 days after sowing.

も少なかったが、1, 2 g 処理では増加した。一方B区ではさらに効果が高められ、顕著に増加した。地上部の生育はA区、B区ともに乾物重の増加があり、特にB区で顕著であった。つぎにこれらの根の生理的活力

Fig. 4. Effect of nicotinamide on α-naphthylamine oxidizing activity in rice (Nihonbare) seedlings 20 days after sowing.

について測定した結果、第3図に示したように TTC 還元力はニコチン酸アミド単独のA区では対照区に比べて52~94%の活性の増大がみられた。またヒドロキシイソキサゾールと併用処理したB区ではさらに顕著な活性の増大効果が認められた。一方、α-ナフチルアミン酸化力はニコチン酸アミド単独の0.5, 1 g 処理では32~62%の増加が認められたが、2 g 処理では活性の増加はなく、対照区とほぼ同様であった。またヒドロキシイソキサゾールとの併用処理したB区では0.5, 1 g 処理で68~72%の増加が認められ、2 g 処理においても46%の増加があった(第4図)。

植物の根の機能については山田ら^{17,18,19)}は、根の呼吸の大小が根の活力を表現する一つの指標として役立つことについて報告し、稲田ら²⁰⁾、INADA ら²¹⁾、岡島²²⁾も水稻根の養分吸収と呼吸作用との関係において、呼吸の大小が養分吸収と密接な関係の存在することを明らかにしている。根の呼吸作用は根のα-ナフチルアミン酸化力と密接な関係が認められており²⁰⁾、根の生理的活力の指標として利用されている。またTTCは生細胞中で不溶性赤色のトリフェニルホルマザンに還元される。この反応は呼吸系における基質から遊離された電子をフラビン酵素から受けとるため、このTTC還元力も根の生理的活力の指標として利用されている¹²⁾。さらにムレ苗の発生と根の生理的活力

Fig. 5. Effect of nicotinamide on the geotropic response of rice (Nihonbare) seedlings 14 days after sowing.

Fig. 6. Effect of nicotinamide on leaf length of rice plants (Tanginbouzu).

は密接な関係があり、ムレ苗の根は α -ナフチルアミン酸化力が劣ることが知られており¹³⁾、ヒドロキシイソキサゾールがムレ苗に対して卓効を示すことも知られているので¹⁴⁾、ニコチン酸アミドは稚苗の根の生理的活力を高めムレ苗に対しても効果を示すことが推測される。他方イネ苗の屈起角度は乾物重/苗長と正の相関を示し⁷⁾、屈起力は苗素質検定法の一つとしてす

で広く利用されている。第5図に示したように、対照区に比べて、ニコチン酸アミド単独処理でも苗の立ち上がり程度が大であり、特にヒドロキシイソキサゾールとの併用処理のニコチン酸アミド2g区は屈起力が対照区に比べ60%増大した。この屈起力の増大は、イネ苗の稚苗の機械移植の場合に、苗の活着上極めて重要な役割を果すものであり、ペーパーポット利用の苗まき栽培においても効果を示すことが考えられる。

5. ニコチン酸アミドのイネ苗の生長促進効果発現時期について

イネの主根について葉位別に葉身長を測定し、ニコチン酸アミドの生長促進効果がいつ頃発現するかを検討した。第6図に示したように第4葉葉身まではほとんど促進効果はあらわれず、第5葉以後の葉身長の促進が顕著にみられた。すなわちニコチン酸アミドは一定の期間を経過してから生育に効果があらわれ、まず生体内で生理作用を増大させ、その結果生育を促進させるものと示唆される。

以上のようにニコチン酸アミドはビタミンB₁などと同様にイネ苗の素質の向上に良い影響を与えることがわかった。

摘 要

イネ初穀より抽出され、発芽初期の生育に関与する物質として同定されたニコチン酸アミドの植物生理作用に関する研究を行ない、つぎのような結果を得た。

1. ニコチン酸アミドはニコチン酸に比べて、イネの初期生育（幼芽長、幼根長）、葉緑素保持力および発芽率をより増大させた。
2. ニコチン酸アミドの種子浸漬処理はイネ苗の根の生育を促進した。
3. ニコチン酸アミドの根部浸漬処理はイネの地上部、地下部の生育を促進し、特に根の生体重を増加させた。
4. ニコチン酸アミドの播種時土壌灌注処理はニコチン酸アミド単独およびヒドロキシイソキサゾールとの併用処理でイネ苗の発根力、根の生理的活力（ α -ナフチルアミン酸化力およびTTC還元力）を高め、またイネ苗の屈起力を著しく促進した。
5. ニコチン酸アミドのイネにおける生長促進の効果は第5葉期以後の生育に一層つよくあらわれた。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、指導および助言をいただ

いた理化学研究所 川原田璋博士、竹内節男博士に深く感謝の意を表する。また科研化学(株)第8研究室 奥田四朗室長の助言をいただいたことに対し、あわせて厚くお礼申し上げます。

引用文献

1. 相見 徳三・藤巻和子 1959. 根の機能に関する細胞生理的研究, (II) 水稻根に於ける α -NA 酸化力の組織内分布と TTC 還元力との関係について. 日作紀 **28**: 205—207.
2. BOGDANOVA, E. D., E. I. OMAROVA, E. A. VOROBEVA and A. K. KRIVTSANOVA 1966. Effect of nicotinic acid and its analogs on the yield and sugar content of sugar beets. Vestn. Sel'skokhoz. Nauki (Alma-Ata) **9**: 108—111.
3. GENKEL, K. P. 1970. Effect of presowing treatment of wheat seeds with vitamin PP and sodium fluoride on protein changes in the seeds. Soviet Plant Physiol. **17**: 499—502.
4. 飯島隆志 1952. 園芸作物に於けるビタミン B₁ の生理と利用に関する研究 第1報 菜豆の発芽に及ぼすビタミン B₁ の影響. 園学雑 **21**: 117—122.
5. 稲田勝美・馬場 赳 1958. 水稻根の諸特性と養分吸収との関係. 農業技術 **13**: 289—293.
6. INADA, K. and T. BABA 1960. Physiological studies on the root of crop plants. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. **28**: 347—350.
7. 中村公則・和田 学 1969. 箱育苗における水稻苗の生育と素質について. 日作紀 **38** (別号 2): 149—150.
8. 岡島秀夫 1960. 水稻根群の生理機能に関する研究. 東北大学農学研究所周報 **12**: 1—146.
9. 小川正巳・太田保夫 1973. 3-ヒドロキシ-5-メチルイソキサゾールの作物の生育調節作用に関する研究 第1報 3-ヒドロキシ-5-メチルイソキサゾールおよび植物体内代謝産物がイネ苗の生育に及ぼす影響. 日作紀 **42**: 499—505.
10. ———— 1974. 第2報 イネ苗の屈起力に及ぼす影響. 日作紀 **43**: 278—282.
11. OTA, Y. 1975. Plant growth-promoting activities of 3-hydroxy-5-methyl-isoxazole. JARQ **9**: 1—7.
12. SMITH, F. G. 1952. The mechanism of the tetrazolium reaction in corn embryos. Plant Physiol. **27**: 445—456.
13. 坂井 弘・吉田富夫 1972. ムレ苗発生条件に関する研究. 北農試彙 **72**: 82—92.
14. 武市義雄・山岸 淳・橋爪 厚 1970. 箱育苗における F-319 のムレ苗発生防止効果. 日作紀 **39** (別号 2): 23—24.
15. TAKEUCHI, S., Y. KONO, A. KAWARADA, Y. OTA and M. NAKAYAMA 1975. Nicotinamide as a plant growth regulator isolated from rice hulls. Agr. Biol. Chem. **39**: 859—861.
16. WENT, F. W., J. BONNER and G. C. WARNE 1938. Aneurin and the rooting of cuttings. Science **87**: 170—171.
17. 山田 登・太田保夫 1958. 水稻根の呼吸と窒素吸収. 農業技術 **13**: 341—345.
18. ———— 1958. 水稻根の呼吸と硫化水素及び有機酸の影響 I. 農業技術 **13**: 385—388.
19. ———— 1958. ———— II. 農業技術 **13**: 433—436.
20. ————・中村 拓 1961. α -ナフチルアミンによる水稻根の活力診断. 農及園 **36**: 1983—1985.
21. YAMADA, N., H. SUGE and H. NAKAMURA 1963. Chemical control of plant growth and development. (1) Germination of rice seed as affected by sprouting and gibberellin application. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. **31**: 253—257.

Plant Growth-Regulating Activities of Nicotinamide

I. Effect of nicotinamide on growth of rice seedlings

Shigeru SANAI*, Masayoshi NAKAYAMA* and Yasuo OTA**

(*Kaken Chemical Co., Ltd., Honkomagome, Bunkyo-ku, Tokyo 113

**National Institute of Agricultural Sciences, Konosu, Saitama 365)

Summary

This investigation was conducted on rice seedlings to elucidate the plant growth-regulating properties of nicotinamide which was isolated from rice hulls. The results obtained were summarized as follows:

1. Effects of nicotinamide on growth of rice seedlings, ability of preventing chlorophyll degradation in leaf tissue of rice plant and germination ability were greater than those of nicotinic acid.
2. The root growth of rice was promoted by seed soaking treatment with nicotinamide.
3. The top and root growth of rice were accelerated by pre-transplanting root soaking treatment with nicotinamide, and the root fresh weight was increased remarkably.
4. Soil treatment with nicotinamide and nicotinamide with hydroxy isoxazole immediately after sowing of rice seeds in the seedling beds markedly enhanced the rooting ability and root activity (oxidizing or reducing activity of roots) and the increasing rates of geotropic curvature response of rice seedlings.
5. The growth promoting activity with nicotinamide was particularly shown after the fifth leaf position of rice.