

固氮蓝藻促长物质处理春小麦的研究*

王少梅 王乾麟 黎尚豪**

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

张 景 菜

(海伦县农业科学研究所, 黑龙江 162300)

提 要

在黑龙江省海伦县连续三年用浓度 1% 固氮蓝藻促长物质浸种春小麦, 能促进种子萌动, 田间种子发芽率提高约 18% 以上; 能促进种子根和芽的生长, 田间出苗率可提高 9—17.8%。三叶期用固氮蓝藻促长物质喷雾, 对苗期生长有促进作用, 对根系发育的效果特别显著, 同时促进植株分蘖, 增加分蘖数, 提高成穗率及种子蛋白质含量。小麦增产 5—10%。固氮蓝藻促长物质大面积(250 亩)应用, 国内外尚无先例。

关键词 固氮蓝藻, 促长物质, 浸种, 喷雾, 春小麦

固氮蓝藻既能通过光合色素利用太阳能固定碳素合成碳水化合物, 又能自身解决能源通过固氮酶将氮素合成氨, 它们在自然生态中氮素平衡上起着重要作用, 在农业上作为水稻新肥源已获得良好的增产效果^[1]。印度 Gupta 曾报道蓝藻有促长物质(Growth-Promoting Substances), 坑形席藻(*Phormidium foveolarum*)的提取液浸种和喷雾水稻、玉米和小麦具有促进种子发芽、生长和增加产量以及提高种子蛋白质含量的作用^[3-5]。我们用固氮蓝藻促长物质处理冬小麦种子和幼苗喷雾的砂培和盆栽试验, 取得了同样结果^[2]。1982—1984 年, 我们在海伦县进行了田间试验, 在三年的试验中经历了罕见的大旱(1982 年)、低温多雨(1983 年)和水、温正常(1984 年)的气候年景, 取得了大量的试验数据, 固氮蓝藻促长物质处理春小麦也获得了良好的增产效果。

材 料 和 方 法

浓度 1% 固氮蓝藻促长物质(以下简称藻液)的制备: 固氮蓝藻采用水生所培养的混合藻种^[2], 去杂研磨过筛获得藻粉。藻粉与冷水按 1:20 的比例混合均匀加热搅拌升温至 90℃ 保持 5 min, 冷却后加 4 倍水稀释, 取上清液作小麦浸种喷雾用。藻液和种子按 1:1

* 该项研究, 于 1985 年通过院级成果鉴定。

** 水生生物研究所刘永定同志于 1983 年参加部分工作, 郑英同志为本文插图复墨, 黑龙江农业现代化研究所海伦试验站给予大力协助, 作者一并致谢。

1) 1976—1978 年固氮蓝藻对冬小麦的盆栽试验(作者手稿)。

1988 年 12 月 6 日收到。

的比例浸泡 24 h，晾干后播种，藻液喷雾用量为每亩 25 kg。

室内种子发芽试验的温度为 25—30℃，记录发芽种子数。田间采用小区多点重复、大区产量对比、大面积多点示范的方法。调查小麦生育状况，测定小麦产量和经济性状并进行统计分析。用元素分析仪（CARL0 ERBA）测定含氮量。

结 果

（一）藻液浸种对小麦发芽、胚根和胚芽生长的影响

种子发芽试验和田间调查表明，藻液能促进种子的萌动并提高发芽率，其发芽率比对照提高 18% 以上（表 1）。田间发芽的种子，按其胚芽、胚根的长短进行分类，发现经藻液处理后的种子的长根、长芽粒数多于对照，短根、短芽粒数少于对照，且根长比对照增加 23.7—39.3%，芽长比对照增加 13.7—19.4%（表 2）。这说明藻液具有促进种子胚芽和胚根迅速生长的作用，而种子幼芽生长的整齐均匀对小麦的全苗、齐苗和壮苗是非常有利的，种子幼根的良好发育也对小麦吸收水份和养料起着重要的作用。

表 1 藻液浸种对种子发芽的影响

Tab. 1 Effect of algal solution treatment on the germination of the seeds

年份① (年)	品种②	处理③	试验总数④ (粒)	发芽⑤ (粒)	未发芽⑥ (粒)	发芽率⑦ (%)	比对照发 芽率增加⑧ (%)
1982	441	浸种⑨	117	113	4	96.6	18.4
		对照⑩	156	122	34	78.2	
1983	593	浸种	174	131	43	75.3	19.0
		对照	192	108	84	56.3	
1984	593	浸种	300	255	45	85.0	18.7
		对照	300	199	101	66.3	
1984	751	浸种	182	172	10	94.5	26.4
		对照	188	128	60	68.1	

① Year; ② Variety; ③ Treatment; ④ Total number; ⑤ Germinated grains; ⑥ Un-germinated grains;
 ⑦ Germination rate (%); ⑧ % increase in germination rate over control; ⑨ Presoaked seeds; ⑩ Control.

（二）藻液浸种对小麦出苗和生长的影响

经藻液浸种处理的出苗率比对照提高 9—17.8%（表 3）。同时，藻液浸种处理的高苗多于对照，矮苗少于对照，显然藻液浸种处理能使出苗整齐（表 4）。小麦生产获得一定数量的基本苗，麦苗“匀”、“壮”是小麦增产的基础。

春小麦出苗后，能否迅速进入三叶期和三叶期苗的素质，都直接影响小麦的分蘖和拔节。据海伦县农科所 5 月 13 日调查（图 1），藻液浸种处理的三叶植株为 90.2%，对照为 62.9%，由此可见，藻液浸种处理的小麦进入三叶盛期的时间比对照明显提早。小麦品种 751 三叶期除植株叶片含氮量无明显差异外，其余测定指标藻液浸种处理均比对照效果

表 2 藻液浸种对胚根和胚芽生长的影响

Tab. 2 Effect of algal solution treatment on the growth of the primary root and plumules.

年份 ① (年)	品种 ②	处理③	根长④(%)			芽长⑤(%)				比对照增加⑥(%)			未发芽 ⑦ (%)
			>1cm	0.5—1cm	<0.5cm	>3cm	2—3cm	1—2cm	<1cm	根数⑩	根长 ④	芽长 ⑤	
1982	751	浸种⑧	49.5	36.0	12.5					3.6	23.7	13.7	2
		对照⑨	25.3	29.5	38.1								7.1
1982	441	浸种	94.0	2.6	1.7					3.4	39.3	19.4	1.7
		对照	70.5	7.7	13.5								8.3
1983	593	浸种				22.9	53.4	10.7	7.6				5.4
		对照				15.9	40.3	21.0	16.5				6.3
1984	751	浸种				51.1	38.3		6.6				4.0
		对照				35.4	41.8		11.4				11.4

①Year; ②Variety; ③Treatment; ④%length of roots; ⑤%length of plumules; ⑥%increase over control; ⑦%un-germinated seeds; ⑧Presoaked seeds; ⑨Control; ⑩Number of roots.

表 3 藻液浸种对小麦出苗的影响

Tab. 3 Effect of algal solution treatment on the seedling of the wheat

处理①	品种②	播种期③ (日/月—年)	播种总数④ (粒)	出苗终止期⑤ (日/月)	平均出苗数⑥ (株)	出苗率⑦ (%)	比对照出苗增 加⑧(%)
浸种⑩	751	6/4—82	186	7/5	155.5	83.6	17.8
					122.3	65.8	
浸种	593	11/4—83	100	10/5	84	84.0	10.0
					74	74.0	
浸种	751	18/4—84	100	16/5	85	85.0	9.0
					76	76.0	

①Treatment; ②Variety; ③Seedling date (date/month-year); ④Total number; ⑤Date of seedling termination (date/month); ⑥Average no. of seedlings; ⑦Seedling rate (%); ⑧%increase in seedling rate over control; ⑩Presoaked seeds; ⑪Control.

明显,尤其是对根数和根长的增加效果最为明显(表 5)。

(三) 藻液浸种和喷雾对小麦分蘖、拔节的影响

小麦生长至三叶期,用藻液对部分试验区小麦进行叶面喷雾,从表 6 小麦分蘖调查看出,其分蘖能力以浸种并喷雾为最强、浸种次之、对照最弱。从小麦品种 441、593 和 751 分蘖数的分析表明,浸种并喷雾处理的分蘖数分别比对照增加 23.78%、146.08% 和 24.39%;浸种处理的分蘖数分别比对照增加 35.96%、105.88% 和 17.07%。另外,藻液对小麦拔节期间的植株素质也有明显的改善(表 7),从而为小麦迅速从营养生长转入生殖生长奠定了物质基础。

表 4 藻液浸种对出苗整齐度的影响

Tab. 4 Effect of algal solution treatment on the evenness of the seedlings

日期① (日/月)	处理②	出苗数③ (株)	苗高④*(%)		
			>2cm	1—1.9cm	<1cm
2/5	浸种⑤	65	10.7	53.6	13.0
	对照⑥	51	8.1	37.8	20.2
3/5	浸种	73	23.8	50.0	13.1
	对照	58	21.6	35.1	21.6
4/5	浸种	74	39.3	38.1	10.7
	对照	60	25.6	39.2	16.2
5/5	浸种	78	71.4	17.9	3.6
	对照	64	51.4	24.3	10.8

①Date (date/month); ②Treatment; ③No. of seedlings; ④Height distribution of seedlings; ⑤Presoaked seeds; ⑥Control.

* 以浸种出苗率为 84%，对照为 74% 进行计算逐日出苗的百分率。

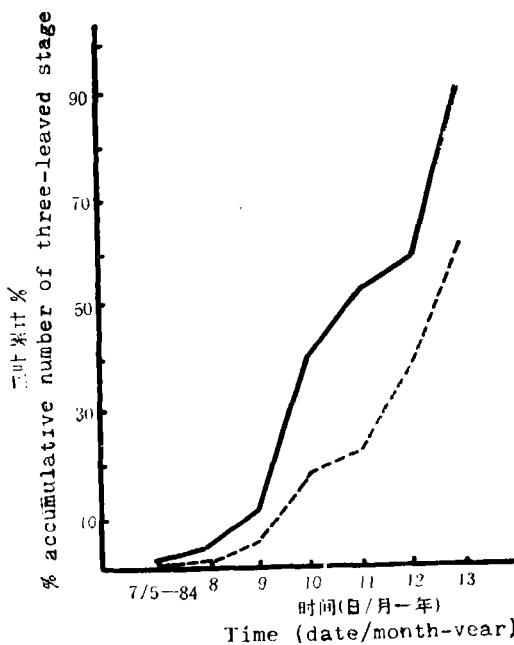


图 1 藻液浸种对小麦三叶期的影响

Fig. 1 Effect of algal solution treatment on the wheat at the three-leaved stage
——浸种 Presoaked seeds ----对照 Control

(四) 藻液处理对小麦成穗、产量和品质的影响

穗是构成产量的重要因素。表 8 是两年定点调查的结果。品种 593 的总成穗率，浸

表5 藻液浸种对小麦三叶期苗素质的影响

Tab. 5 Effect of algal solution treatment on the quality of seedling at the three-leaved stage.

处理①	品种②	取样日期③(日/月-年)	取样数④(株)	处理比对照平均增加⑤(%)							叶片含氮⑬(%)
				根长⑥	根数⑦	叶片数⑧	叶片宽⑨	鲜重⑩	干重⑪	单株叶片面积⑫*	
浸种⑭	751	12/5-82	100	12.8	81.5	10.7	16.2	29.0	14.5		
对照⑮											
浸种	751	10/5-84	50	32.1	6.3	26.1	6.1	10**	24.1	10.7	5.52
对照											5.55

* 叶面积=叶长×叶宽÷1.2。

** 于12/5测定结果。

①Treatment; ②Variety; ③Sampling date (date/month-year); ④Total number; ⑤Average% increase over control; ⑥Length of roots; ⑦Number of roots; ⑧Number of blades; ⑨Width of blades; ⑩Fresh weight; ⑪Dry weight; ⑫Area of blades; ⑬%nitrogen in blades; ⑭Presoaked seeds; ⑮Control.

表6 藻液处理对小麦分蘖能力的影响

Tab. 6 Effect of algal solution treatment on the tillering of the wheat

年份① (年)	品种②	处理③	基本苗④(株)	总茎数⑤	分蘖力⑥
1982	441	浸种并喷雾⑦	498	904	1:1.82
		浸种⑧	547	993	1:1.82
		对照⑨	470	798	1:1.69
1983	593	浸种并喷雾	303	554	1:1.83
		浸种	287	497	1:1.73
		对照	233	335	1:1.44
1984	751	浸种并喷雾	19	70	1:3.68
		浸种	20	67	1:3.35
		对照	19	60	1:3.16

① Year; ②Variety; ③Treatment; ④No. of basic seedlings; ⑤Total no. of stems; ⑥Tillering; ⑦Presoaking and spraying; ⑧Presoaking; ⑨Control.

表7 藻液处理对小麦拔节期植株的影响

Tab. 7 Effect of algal solution treatment on the seedling at the jointing

处理 ①	株高② (cm)	平均单株根数③ (条)	单株重量④(g)		单株叶片面积⑤ (cm) ²	叶片含氮⑥ (%)
			鲜重⑦	干重⑧		
⑨浸种并喷雾	50.6	16.2	54.0	10.2	45.94	3.25
⑩浸种	48.9	15.4	38.5	8.0	30.45	2.90
⑪对照	45.5	13.9	37.5	7.4	27.85	2.78

①Treatment; ②Height; ③Number of roots; ④Weight(g); ⑤Fresh weight; ⑥Dry weight; ⑦Area of blades; ⑧%nitrogen in blades; ⑨Presoaking and spraying; ⑩Presoaking; ⑪Control.

表 8 藻液处理对小麦成穗的影响

Tab. 8 Effect of algal solution treatment on the spike

年份①	处理②	品种③	基本苗④ (株)	总穗数⑤ (个)	分蘖穗⑥ (个)	总成穗率⑦ (%)	分蘖成穗率⑧ (%)
1983	浸种并喷雾⑨	593	75	85	10	113.33	11.77
	浸种⑩		71	78	7	109.86	8.97
	对照⑪		71	72	1	101.40	1.39
1984	浸种并喷雾	751	20	35	15	175.00	42.86
	浸种		20	31	11	155.00	35.50
	对照		20	26	6	130.00	23.10 ^a

①Year; ②Treatment; ③Variety; ④No. of basic seedlings; ⑤Total no. of spikes; ⑥No. of tillering spikes; ⑦%total spike formation rate; ⑧%tillering spikes; ⑨Presoaking and spraying; ⑩Presoaking; ⑪Control.

表 9 藻液处理对小麦经济性状、产量和质量的影响

Tab. 9 Effect of algal solution treatment on the economic parameters and the production and the quality of the wheat

试验区⑬	处理⑭	年份⑮ 品种⑯	株高⑰ cm	穗长⑱ cm	小穗数⑲ (个)	平均每穗 粒⑳	千粒重㉑ (g)	产量㉒ (斤/亩)	增产㉓ (%)	种子含 N㉔(%)	蛋白质㉕ (%)
小区 ㉖	浸种并喷雾⑭	1982 751	41.9	7.8	12.5	23.6	24.8	266.8	7.8	3.78	21.55
	浸种㉗		41.7	7.5	12.0	21.0	24.6	259.6	4.9	3.59	20.46
	对照㉘		40.5	7.4	11.7	20.2	24.4	247.5		3.22	18.34
示范区 ㉙	浸种并喷雾	1984 751	73.4	8.7	12.5	31.7	36.9	586.0	9.3	3.50	19.95
	浸种		73.2	9.0	12.8	33.0	37.0	567.6	5.8	3.42	19.49
	对照		72.8	8.4	12.0	31.3	36.7	536.3		3.37	19.21
示范 区㉚	浸种并喷雾	1984 751	67.3	8.4	15.1	33.0	31.8	648.0	19.8	2.77	15.79
	对照		61.3	8.0	14.3	28.7	31.4	540.8			14.25
	浸种		76.0	6.9	13.2	26.0	33.5	309.9	15.8	2.50	
	对照		73.1	6.4	11.4	22.8	31.7	267.6			

⑬Test area; ⑭Treatment; ⑮Year; ⑯Variety; ⑰Height; ⑱Length of spikes; ⑲No. of small spikes; ⑳No. of grains per spike; ㉑Weight (per 1000 grains); ㉒Yield (weight/mu); ㉓% increase in yield; ㉔%nitrogen in seeds; ㉕%protein in seeds; ㉖Presoaking and spraying; ㉗Presoaking; ㉘Control; ㉙Demonstrative area; ㉚Small area.

种并喷雾和浸种分别比对照增加 11.93% 和 8.46%，其中分蘖成穗率各增加 10.38% 和 7.58%；品种 751 增加较多，其总成穗率分别增加 45% 和 25%，其中分蘖成穗率各增加 19.76% 和 12.4%。

表 9 是藻液处理对小麦产量及质量的影响结果。小区试验的浸种并喷雾比对照增产 7.8—9.3%，浸种比对照增产 4.9—5.8%；而示范田增产的幅度分别为 19.8% 和 15.8%。增产因素除前述穗数增加外，还有粒数和千粒重的增加。测定收获小麦种子蛋白质含量的结果表明，经藻液处理后小麦种子的蛋白质含量均比对照有所提高。

讨 论

1. 固氮蓝藻所含促长物质，经初步分离后发现它是水溶性的，在低温下它的溶解度低，接近沸点时提取效果最好，但在沸点以上的水溶液中提取效果下降。在用脂溶剂提取时，有一些活性。藻在生长过程中，有一部分活性物质溶解在培养基中，因此，培养物的滤出物有些活性。初步分离结果还可以看出，固氮蓝藻促长物质是细胞代谢的产物，存在于细胞内，也可通过代谢排出到细胞外；它是耐热的水溶性物质，有一部分是脂溶性物质，因此，它不是单种物质而是由几种物质共同组成的，这些物质可统称为促长活性因子(Growth-Promoting Active Factor)。这就使它在处理种子和幼苗喷雾时对小麦有多方面的效应：促进种子发芽快，根系发达和分蘖数、成穗数增加，植株和种子的含氮量有所提高，小麦产量增加，品质改善等。这些物质的化学性状，国内外尚未见报道。因此，固氮蓝藻促长物质的化学性状和作用机理还有待于进一步探讨。

2. 小麦产量与气候、品种、土壤条件和肥力水平等因素均有密切关系。对试验小麦的成穗和产量进行了方差分析，其处理间的差异是显著的($F > 0.005$)；种子播种密度与小麦产量有关，经藻液浸种和喷雾的小麦，稀播(10.35 kg/mu)比密播(15.55 kg/mu)增产($F > 0.005$)；但浸种处理种子晾晒时间的长短对小麦产量没有影响($F < 0.05$)。由于固氮蓝藻促长物质具有促进小麦分蘖、增加分蘖数和成穗的作用，因此，必须协调个体与群体的适宜密度，提高施肥水平，改善营养条件等，以充分满足个体与群体对水肥的需要，达到主茎与分蘖成穗并进的目的，这样才能发挥固氮蓝藻促长物质的增产效果。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院水生生物研究所生态组，1978年。双季晚稻大面积放养固氮蓝藻的试验。水生生物学集刊，(6): 299—310。
- [2] 黎尚豪、叶清泉、刘富瑞、王立美、崔希群，1959年。我国几种蓝藻的固氮作用。水生生物学集刊，(4): 429—439。
- [3] Venkataraman, G.S. & Neelantan, S., 1967. Effect of the cellular constituents of the nitrogen-fixing blue-green alga *Cylindrospermum muscicola* on the root growth of rice plants. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 13: 53—61.
- [4] Kushwaha, A.S. & Gupta, A.S., 1970. Effect of algal growth promoting substances of *Phormidium foveolarum* on seedling of some varieties of wheat. *Hydrologia*, 35(2): 324—332.
- [5] Gupta, A.B. & Kushwaha, A.S., 1972. Studies on the effect of *Phormidium foveolarum* extract on the growth and yield of *Triticum aestivum*. *Taxonomy and Biology of Blue-green algae*, pp. 387—390. Ed by Desikachary, T.V. Printed in India by The Bangalore Press.

STUDY OF THE TREATMENT OF THE SPRING WHEAT WITH THE GROWTHPROMOTING SUBSTANCES FROM THE NITROGEN-FIXING BLUE-GREEN ALGAE

Wang Shaomei Wang Qianlin Li Shanghao

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan 430072)

Zhang Jingrong

(Institute of Agricultural Science, Hailun County, Heilongjiang Province 162300)

Abstract

In three successive years, seeds of the spring wheat were presoaked in the solution of growth-promoting substances (GPS) from nitrogen-fixing algae (1% in concentration) before planted in Hailun county, Heilongjiang province. The treatment accelerated germination of the seeds and growth of the roots and the plumules. Germination rate in the field was increased by over 18%. Seedling rate in the field was increased by 9—17.8%. Spraying with the solution at the three-leaved stage accelerated the growth of the seedling and significantly promoted the development of the roots. The treatment accelerated tillering and resulted in increased number of tillers, higher rate of spike and higher protein content in the seeds. The production was increased by 5—10%. This study represented the first field application by the GPS to a large area of 250 mu.

Key words Nitrogen-fixing Blue-green Algae, Growth-promoting Substances, Presoaking Seeds, Spraying, Spring Wheat