

利用 ^{32}P 研究春小麦 对磷肥的吸收及利用*

李淑贞 吴婉坡 于维学 张 举

(哈尔滨师范大学生物系)

摘 要

利用放射性同位素研究磷肥单施与氮磷配合不同施肥处理的春小麦,各时期吸磷的速度和在植株中的累积量相差显著。氮磷结合($\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$)吸收强度大,速度快,磷的累积量迅速上升。到孕穗期达到高峰, $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 比 $^{32}\text{P}_1$ 多吸收放射性磷将近一倍。植株各器官不论根、茎、叶、穗,凡是氮磷配合放射性强度皆比磷肥单施高。春小麦对肥料吸收量与植株生长量是一致的,即生长量大时,其吸收量也多。磷肥的吸收随春小麦生长中心而转移,小麦前期吸收磷积累在茎、叶中,随生长中心转移不断运往穗部。

由于氮磷配合比磷肥单施提高磷肥利用率,因而对小麦生长发育,产量构成影响有显著差异。氮磷配合增加了株高、茎粗、光合面积,提高了叶绿素含量与干物重,增加穗长,小穗数,千粒重与产量。

一、前 言

根据袁增玉等人 ^{32}P 示踪试验和我们所做的不同氮磷比例和施肥量试验证明,氮磷结合特别是 N_2P_1 结合比单独施氮或磷对春小麦生长发育和产量构成都有明显的影响。配合氮磷营养试验,为摸清磷肥吸收规律及对小麦的影响,在进行田间试验与盆栽试验同时又进行放射性 ^{32}P 示踪原子标记基肥试验,其目的为进一步摸清 ^{32}P 在春小麦植株体内分配与生长发育及产量形成的关系,为小麦施肥提供科学依据。

二、材料与方 法

供试作物:春小麦品种为克丰2号。

1979年与1980年进行两年田间小区试验与两年盆栽试验,于1980年结合放射性盆栽试验。

田间小区试验与盆栽试验七个处理: N_1 、 P_1 、 N_1P_1 、 N_2P_1 、 N_2P_2 、 $\text{N}_2\text{P}_2 + \text{N}_1$ 五次重复。放射性 ^{32}P 盆栽试验二个处理: $^{32}\text{P}_1$ 、 $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 重复四次。

供试土壤为淋溶黑土,有机质2.79%,全氮0.148%,全磷0.116%,水解氮11.19毫克/100克土,速效磷9.5毫克/100克土。

施肥量:每公斤土壤 P_1 为0.1克 P_2O_5 , P_2 为0.2克。 N_1 为0.1克N, N_2 为0.2克。磷用三料过石,含 P_2O_5 46%,氮用硝酸铵含氮33%。每克 P_2O_5 标记0.4毫居里。标记方法是用 $\text{K}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$ 溶液与粉状三料过石充分混合呈糊状,经充分交换平衡后在烘箱烘干磨粉备用。

* 本试验是在省农业科学院原子能室做的,在工作中示踪组全体同志给予大力支援与帮助,于此致以谢意。

测定项目：1. 在苗期、拔节期、孕穗期、开花期、成熟期进行放射性测量。每次取样5株冲净根部泥土，将植株不同部位与器官分开，放入80℃烘箱中烘干，磨成粉状，称取100毫克放入直径为3.8厘米小碟中，用国产计数管，FH-408半自动定标器测定放射性强度。

2. 从三叶期开始每两天观察一次穗分化，定期测量光合面积、干物重、叶绿素含量，收获后进行考种。

三、试验结果

(一) 放射性磷 (^{32}P) 在春小麦植株体内分配

作物氮磷营养有明显的依赖关系，磷素

供应不足，氮素代谢受到抑制，而氮素又是作物利用磷素不可缺少的条件。因此不少研究证明，磷肥和氮肥配合施用可显著的提高磷肥的效果。在前人试验的基础上，我们对磷肥单施和氮磷配合不同比例和用量进行了试验，证明磷肥和氮肥配合施用比单施磷肥显著地提高磷肥的效果。现仅将 $\text{N}_2^{32}\text{P}_1$ 与 $^{32}\text{P}_1$ 示踪部分比较如下：

1. $\text{N}_2^{32}\text{P}_1$ 与 $^{32}\text{P}_1$ 在春小麦植株与根系的分配：

(1) $\text{N}_2^{32}\text{P}_1$ 与 $^{32}\text{P}_1$ 在春小麦植株体内的分配：

由表1和图1表明：磷 ($^{32}\text{P}_1$) 单施和氮磷结合 ($\text{N}_2^{32}\text{P}_1$) 虽然磷肥用量相同 (皆为 $^{32}\text{P}_1$)，但由于 $\text{N}_2^{32}\text{P}_1$ 配合 N_2 从而促进植株总磷量的增加，这表现在春小麦生长的三叶

表1 放射性磷素在春小麦植株体内的分配

(单位：脉冲/分/100mg)

生育期 脉冲/分/100mg	三叶期 (5月22日)	拔节期 (6月5日)	孕穗期 (6月19日)	开花期 (7月3日)	成熟期 (8月7日)
全株 $\text{N}_2^{32}\text{P}_1$	12600 ± 112.5	12432 ± 111.73	38530 ± 196.44	12617 ± 112.42	9670 ± 98.45
全株 $^{32}\text{P}_1$	11393 ± 107	10205 ± 101.28	20358 ± 142.89	8298 ± 91.21	7469 ± 86.56

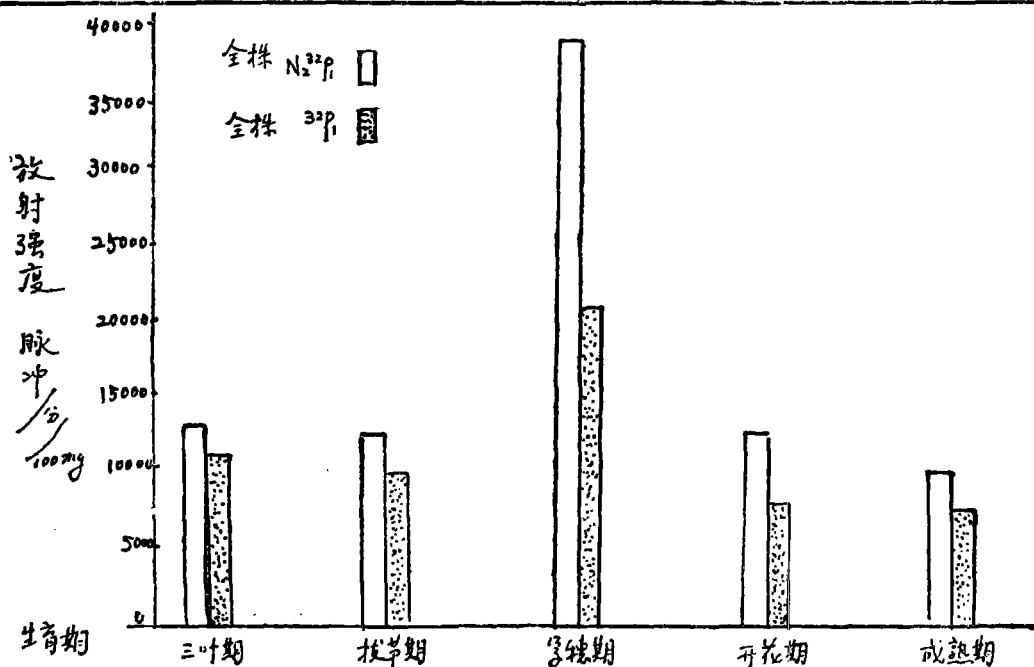


图1 施用 $\text{N}_2^{32}\text{P}_1$ 或 $^{32}\text{P}_1$ 春小麦植株对磷素 ($^{32}\text{P}_1$) 养分的吸收分配比较

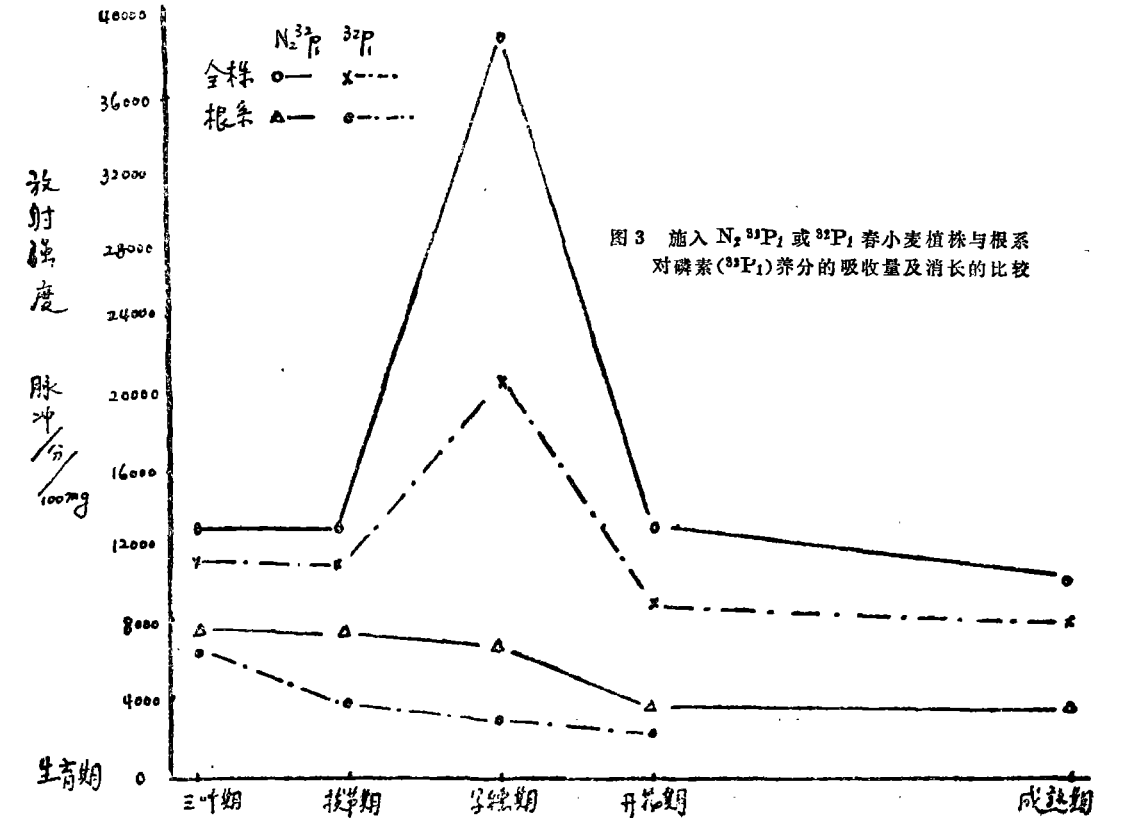
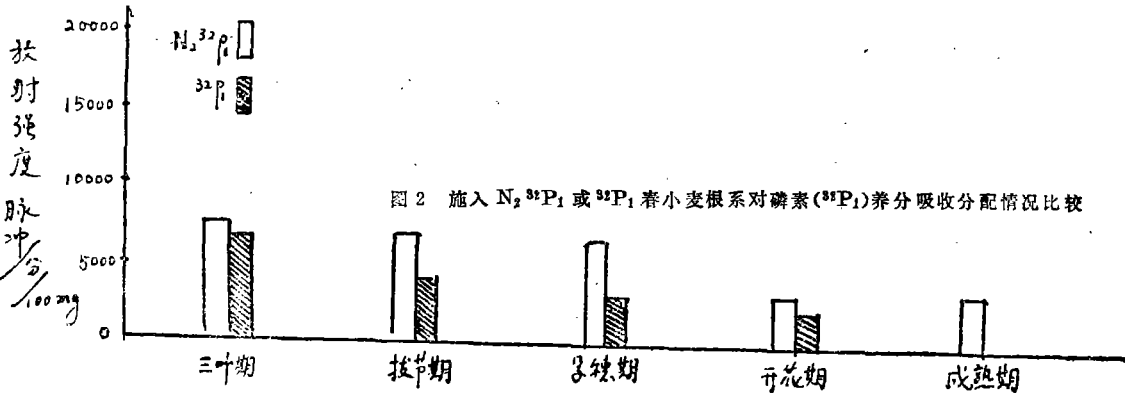
期、拔节期、孕穗期、开花期、成熟期氮磷结合($N_2^{32}P_1$)皆比磷($^{32}P_1$)单施进入植株体内示踪磷多,所以放射性强度高。尤其在春小麦孕穗期施入 $N_2^{32}P_1$ 植株体内放射性强度为38530脉冲,而施入 $^{32}P_1$ 植株体内只有

20358脉冲,对磷的吸收增加将近一倍。这说明氮磷配合氮能明显的促进对磷肥的吸收和利用。

(2) $^{32}P_1$ 和 $N_2^{32}P_1$ 在春小麦根系内分配:

表 2 放射性磷素在春小麦根系内分配 (单位: 脉冲/分)

处 理	生 育 期 脉冲/分/100mg	三 叶 期 (5月22日)	拔 节 期 (6月5日)	孕 穗 期 (6月13日)	开 花 期 (7月3日)	成 熟 期 (8月7日)
$N_2^{32}P_1$		6814 ± 82.88	6752 ± 82.49	6311 ± 79.8	3127 ± 56.12	3485 ± 59.23
$^{32}P_1$		6577 ± 81.44	3599 ± 60.43	2574 ± 17.8	2038 ± 46.05	—



由表 2、图 2 表明：根系吸收放射性磷的规律如同地上部，即氮磷配合比单施磷肥根系吸入放射性磷($^{32}\text{P}_1$)多。三叶期 $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 比 $^{32}\text{P}_1$ 吸收放射性磷略有增加，而拔节期、孕穗期明显增加，拔节期 $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 比 $^{32}\text{P}_1$ 多吸收将近一倍，孕穗期吸收放射性磷多一倍多，开花期多吸收三分之一。

(3) $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 与 $^{32}\text{P}_1$ 在春小麦植株与根系分配及消长的比较：

由图 3 表明：在两种施肥处理中小麦吸收放射性磷的数量皆随春小麦生长发育的增长而增加，其吸收规律从拔节以后剧烈增加，孕穗达高峰至开花后逐渐下降。

在春小麦生长的各个时期 $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 根系吸收放射性磷比 $^{32}\text{P}_1$ 多，因而供给地上植株

吸收放射性磷 $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 比 $^{32}\text{P}_1$ 多，这说明地下部吸收与地上部吸收利用是一致的。

春小麦地上部生长所吸收放射性磷是由低——高——低过程，而根系由于不断供应地上部生长所利用的肥料，所以根系内放射性强度逐渐下降，由于 $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 与 $^{32}\text{P}_1$ 吸收放射性磷速度与数量有显著差异，因而根系内放射性磷下降趋势也有明显的区别：如 $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 三叶期至孕穗期略有下降，孕穗至开花明显下降，开花以后逐渐下降。而 $^{32}\text{P}_1$ 三叶期以后就明显下降，拔节比三叶期下降将近一倍，而孕穗下降一倍多。

2. $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 与 $^{32}\text{P}_1$ 在春小麦各器官的分配：

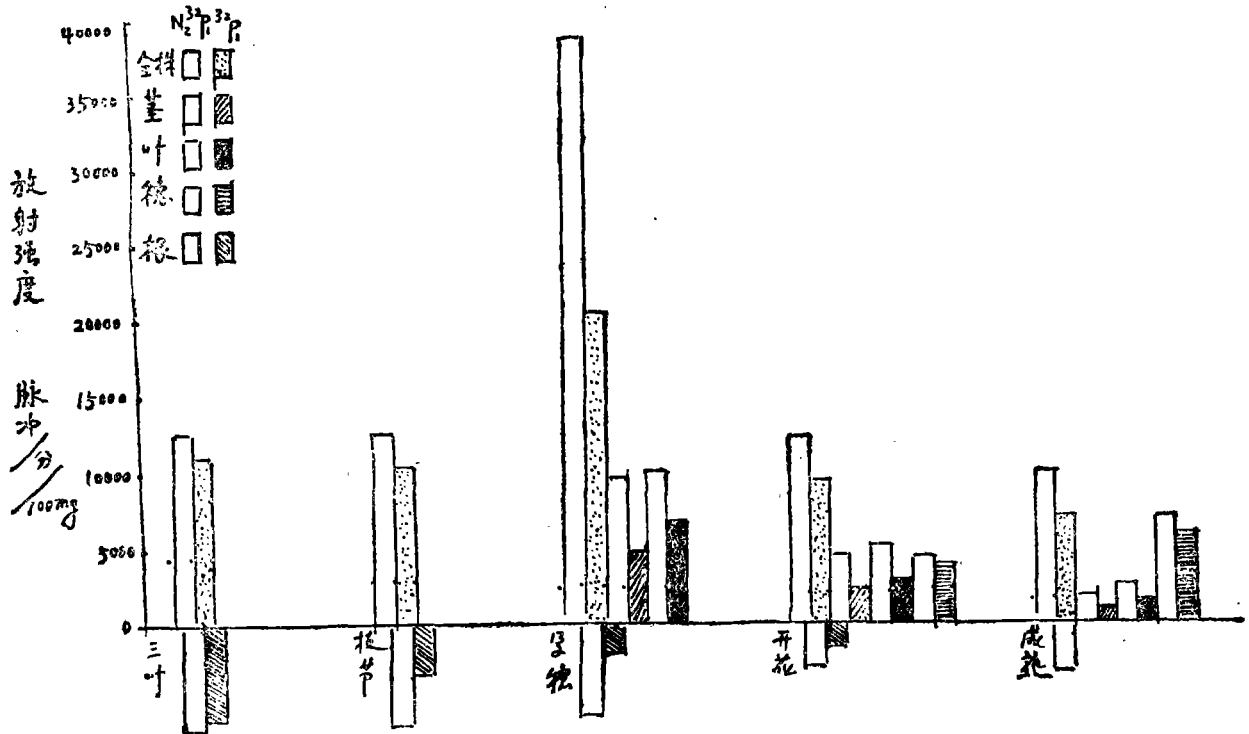


图 4 施入 $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 与 $^{32}\text{P}_1$ 春小麦植株各器官对磷素 ($^{32}\text{P}_1$) 养分的吸收分配情况比较

由图 4 说明： $\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$ 与 $^{32}\text{P}_1$ 比较，植株各器官不论根、茎、叶、穗或全株由脉冲数量比较表明，凡是氮磷结合放射性强度皆比单独施磷的高，说明氮磷结合比单独施磷对放射性磷素的吸收量大。

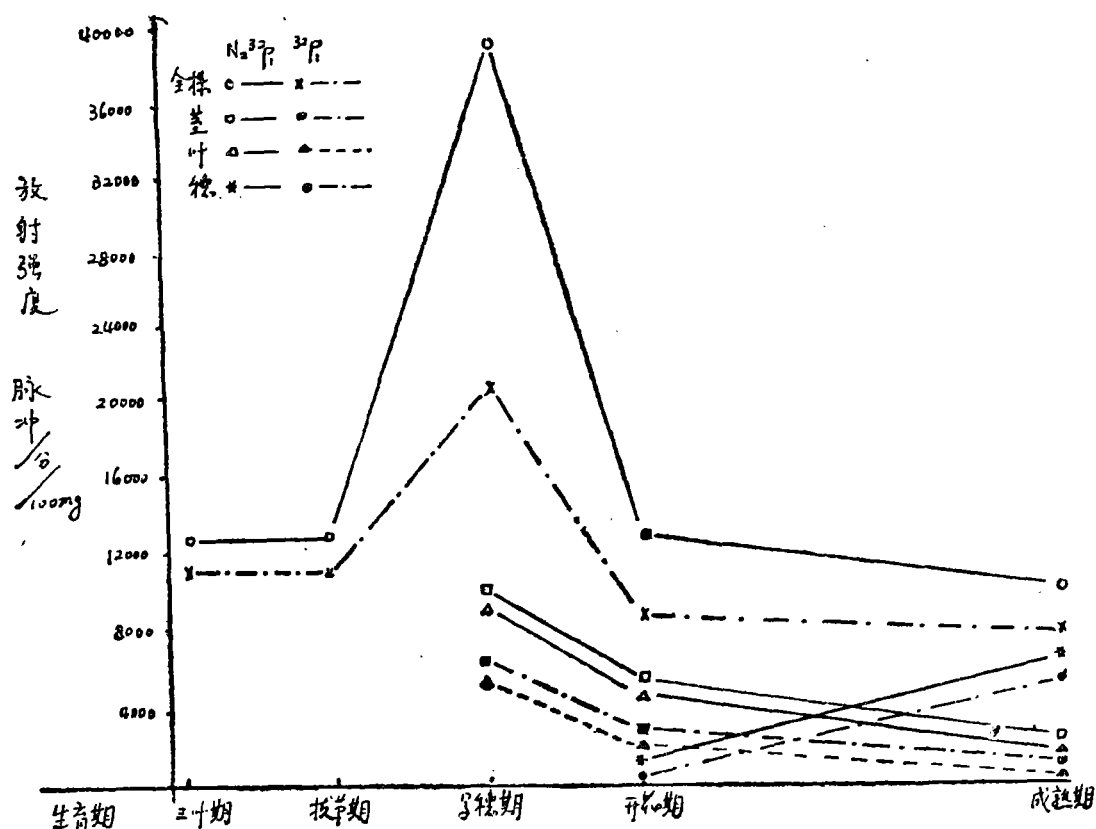
不同施肥处理春小麦，各时期吸磷的速度和在植株中的累积量相差显著，氮磷结合 ($\text{N}_2\ ^{32}\text{P}_1$) 吸磷强度大，速度快，磷的累积量迅速上升，到孕穗期达高峰。

由表 3 脉冲数和图 5 叶片吸磷曲线表

表 3

放射性磷在春小麦各器官的分配

器官部位	处 理	生 育 期	孕 穗 期	开 花 期	成 熟 期
		脉冲/分/100mg			
茎	$N_2^{32}P_1$		9500 ± 97.77	4197 ± 64.96	1460 ± 38.52
	P_1		4398 ± 66.76	2086 ± 45.92	883 ± 30.11
叶	$N_2^{32}P_1$		9765 ± 99.12	4491 ± 67.18	1788 ± 42.56
	P_1		6541 ± 81.24	2499 ± 50.21	958 ± 31.33
穗	$N_2^{32}P_1$			3927 ± 62.84	6140 ± 78.51
	P_1			3713 ± 61.12	5626 ± 75.16

图 5 施入 $N_2^{32}P_1$ 或 $^{32}P_1$ 春小麦植株各器官对磷 ($^{32}P_1$) 养分吸收分配消长规律比较

明：不论是 $N_2^{32}P_1$ 或 $^{32}P_1$ 总的趋势是孕穗期对放射性磷吸收量最高，开花至成熟吸收磷明显下降，这与干物重的消长趋势是一致的（见图 6 a、b、c）。但在生长各时期 $N_2^{32}P_1$

比 $^{32}P_1$ 叶片吸收磷明显的增加。

由表 3 脉冲数和图 5 茎曲线表明：在 $N_2^{32}P_1$ 与 $^{32}P_1$ 两个处理中茎对放射性磷吸收与叶的趋势是类似的，即孕穗期吸收较多，

开花至成熟直线下降。而施入³²P₁比施入N₂³²P₁植株茎内吸收放射性磷量在各时期都成倍减少。

由表3脉冲数和图5穗曲线表明,穗粒整个生育期子粒中磷的吸收量由低到高呈直线增加。这与干物重的消长规律是一致的(见图6a、b、c)。而N₂³²P₁植株穗内吸收放射性磷量比³²P₁植株穗内磷量在各时期略有增加。

由于叶片与茎磷肥吸收量由多到少直线下降与穗对磷肥吸收量由少到多直线上升,

说明茎、叶内磷肥量由于不断供应穗的发育而逐渐减少,而穗随着发育不断由叶与茎输入磷而磷的含量上升。总之,磷肥在春小麦植株各器官中运转分配是随着生长中心而改变的。磷素在植株体中运转分配越明显,也越能保证生长中心器官形成对磷素的需要。

(二) 氮磷营养对春小麦生长发育的影响

1. 氮磷营养对春小麦生理及形态的影响:

表 4 氮磷营养对生理及形态的影响

处 理	项 目	株 高 (厘米)	茎 粗 (厘米)	叶绿素含量 (mg/升)	光 合 面 积 (平方厘米)			
					茎 面 积	最大展开 叶 面 积	剑叶面积	穗 面 积
N ₂ P ₁		79.7	0.37	88.5	77.5	109.2	27.09	39.5
P ₁		66.9	0.26	84	45.5	48.3	23.04	22.4
OK		62.3	0.24	77.5	38.6	43.4	19.74	21.2

从苗期开始 N₂P₁ 植株粗壮, 叶色浓绿, 于6月10日、16日、27日三次叶绿素含量分析 N₂P₁ 比 P₁ 与对照叶绿素含量显著增高, 叶绿素与光合作用有着密切的关系, 叶绿素含量与光合面积增加有利于光合作用进行及光合产物累积。

2. 干物重的增长及各器官干物质的消长:

春小麦植株总干物重积累是成S形, 干物重积累的主要时期是从三叶期到乳熟期; 茎的干物重积累增加到乳熟阶段以后下降; 叶的干物重积累增加到孕穗阶段以后下降; 穗的干物重从开花到成熟直线增加。

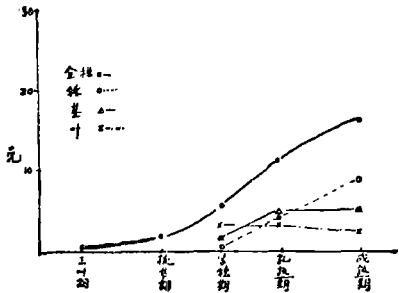


图 6b P₁ 对干物重的影响

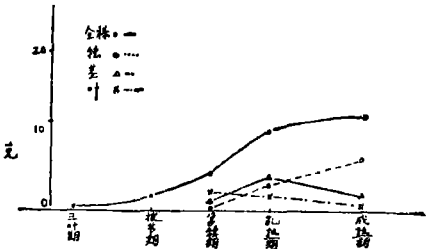


图 6a 对照干物重

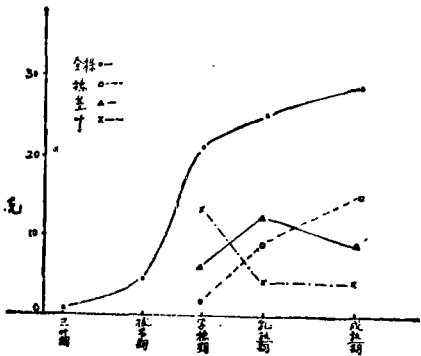


图 6c N₂P₁ 对干物重的影响

从图 6 a、b、c 看出 N_2P_1 干物重比 P_1 和对照明显的增加, 成熟期 N_2P_1 全株干物重为 27.8 克, P_1 为 16.2 克, 对照为 12.2 克, N_2P_1 比 P_1 多 11.6 克。乳熟期 N_2P_1 茎干物重为 12.4g, P_1 为 4.1g, 对照为 4.4g, N_2P_1 比 P_1 多 8.3g。孕穗期 N_2P_1 叶的干物重为 13.3g, P_1 为 3.2g, 对照为 2.5g, N_2P_1 比 P_1 多 10.1g。成熟期穗干物重为 15g, P_1 为 9g, 对照为 6.8g, N_2P_1 比 P_1 多 6g。氮是构成蛋白质和叶绿素的主要成分, 增加氮素促进叶绿素含量增加, 从而促进光合作用与增加光合面积, 导致干物质积累的增加。氮磷结合有互相促进作用, 根据施入 ^{32}P 试验证明: 氮磷配合氮能促进磷的吸收。前人试验证明磷的含量提高能促进氮的含量。

3. 氮磷营养对穗分化、产量构成因素和产量的影响:

由表 5 表明: N_2P_1 与 P_1 生长锥伸长比对照早一天。在穗分化各时期 N_2P_1 与 P_1 对穗分化日数没有影响, 但对其长度有明显的区别: 伸长期 N_2P_1 比 P_1 体积增长 34 微米, 比对照多 101 微米。单棱期 N_2P_1 比 P_1 体积长 58 微米, 比对照长 106 微米。二棱末后

表 5 氮磷营养对穗分化的影响
(单位: 微米)

观察日期	穗分化时期	生长锥长度(μ)	处 理		
			N_2P_1	P_1	对照
5 月 18 日	未伸长期				87
	伸长期		188	154	
5 月 22 日	伸长期			275	232
	单棱期		406		
5 月 24 日	单棱期		522	464	416
5 月 26 日	二棱初		841	609	496
5 月 30 日	二棱中		1015	783	812
6 月 3 日	二棱末		1290	1111	942
6 月 5 日	二棱末后		1778	1411	1087

N_2P_1 比 P_1 体积长 367 微米, 比对照长 691 微米。说明氮磷营养能促进生长锥长度和体积。

表 6 氮磷营养对春小麦产量构成因素和产量的影响

处 理	穗 长 (厘米)	小 穗 数 (个)	千 粒 重 (克)	有效分蘖	无效分蘖	生物产量 (克/盆)	籽实产量 (克/盆)	标 准 差
N_2P_1	8.7	18.5	36.46	0.33	0.04	128.7	33.0	± 4
P_1	6.4	14.0	28.1	0	0	47.4	12.9	± 0.4
对 照	6.1	13.3	28.8	0	0	43.0	11.5	± 1.1

由表 5 表明: P_1 穗长、小穗数、千粒重、产量比对照略有增加。 N_2P_1 穗长、小穗数、千粒重和产量比对照和 P_1 明显的增加。

综合上述结果: 氮磷营养对构成产量各因素所以增产是早在春小麦胚胎发育初期即穗分化开始的伸长期、单棱期、二棱期就对生长锥的长度有增长作用。单棱期和二棱期正是决定穗的长度和小穗数的关键时期, 由于

氮磷营养在穗分化各个时期和对以后各生长阶段都起显著作用, 所以对产量构成因素及产量都起到了明显的增产作用。

四、讨 论

1. 作物氮磷营养有明显的依赖关系, 氮磷配合有相互促进作用, 本试验施入基肥中放射性磷肥试验证明: 氮磷结合, 氮能促进磷

的吸收。从我们对苗期、拔节期、孕穗期、开花期、成熟期所进行的放射性强度测定表明：氮磷配合 ($N_2^{32}P_1$) 进入植株体内、根系内、茎、叶、穗内的示踪磷比单施磷 ($^{32}P_1$) 明显的增多。因而氮磷配合比单独施磷 ($^{32}P_1$) 在作物生长的各时期和植株各部位器官内脉冲数多，尤其在春小麦孕穗期施入 $N_2^{32}P_1$ 植株体内放射性强度为 38530 脉冲/分/100mg，而施入 $^{32}P_1$ 植株体内放射强度只有 20358 脉冲/分/100mg， $N_2^{32}P_1$ 比 $^{32}P_1$ 增加将近一倍。这就说明氮磷配合氮能明显的促进磷肥的吸收和利用。在前人一系列试验中又证实，若磷的含量提高能提高植株组织中蛋白质的百分比和提高植物中氮化物的含量。由于氮磷配合的互相促进所以提高肥料的肥效作用。

2. 氮磷配合 (N_2P_1) 作基肥比单独施磷和对照增加株高，促进茎粗，并增加光合面积 (叶面积、茎面积、穗面积)。氮是构成蛋

白质和叶绿素的主要成分，叶绿素和光合作用有密切关系，增施氮素促进叶绿素含量的增加，从而促进光合作用与增加光合面积，导致干物重积累的增加。

3. 氮磷营养能促进生长锥长度和体积， N_2P_1 穗长、小穗数、千粒重，产量比 P_1 和对照明显的增加。

参 考 资 料

- [1] 袁增玉等黑土和白浆土上磷肥肥效与土壤性质和氮素供应水平的关系。土壤学报·13卷·4期。
- [2] 袁增玉等 1965 年，应用 ^{32}P 观察土壤中磷肥的移动。原子能 4 期 363~368。
- [3] C. A. Campbell and H. R. Davidson. 1979. Effects of temperature nitrogen fertilization and moisture stress on growth, assimilate distribution and moisture use by manitou spring wheat Can. J. Plant Sci. 59. 603~626.
- [4] I. Sofield I. F. Wardlaw. L. T. Evans and S. Y. Zee. 1977. Nitrogen, Phosphorus and water contents during grain development and maturation in wheat Aust. J. plant physiol, 4, 799~810.

提高大豆产量的生产建议

黑龙江省农业科学院大豆研究所

今年我省要求在国民经济进一步调整中，夺取农业全面的较大的丰收，要求大豆生产要有很大的发展，种植面积将达到 2500 万亩，单产 200 斤，总产为 250 万吨。为了实现上述指标，针对当前实际情况，提出以下几方面的生产建议，供各地参考。

一、因地制宜整好地，播好种，保全苗

去年封冻前后我省大部地区降透雨雪，对及时整地受到一定影响，但也有少数地区，去冬雨雪不大，可能产生春旱。因地制宜整好地，播好种，保全苗，乃是争取大豆高产、稳产的关键。因此，凡是去冬雨雪大，而且还没有整好地的麦茬地，开春解冻后要抓住有利时机，及时进行耙耨和镇压，防止土壤

水分过多散失；对有深翻基础而去秋又没有深翻的玉米茬，为了保墒保苗，可不翻地动土，采取原地播种，播后进行垅沟深松；对未翻的谷茬地种大豆时，最好不用大犁扣种，而应采用五铧犁浅耕的办法，把谷茬翻扣在地下，及时耨压，墒情合适时可以平播；墒情不好，不易保苗可等雨，迟播早熟大豆品种，适当增加密度，一般可比整地不好，保苗差的增产 10~15%；对去秋已经深翻过的土地，也要针对土壤墒情，及时耙耨保墒，达到播种状态，为顺利播种保苗创造良好条件。

播好种是为了达到全苗。因此，在整好地的基础上，必须采用先进播种方法，提高