

不同水分条件下施磷位置对冬小麦生长及磷营养的影响^①

苏德纯^② 任春玲 王兴仁
(资源和环境学院)

摘要 采用土柱盆栽试验,研究不同水分条件下施磷位置对冬小麦生长发育、养分吸收及磷肥利用率的影响。试验结果表明,在正常供水情况下,表层施磷和全层施磷处理冬小麦地上部干物重、根干重、N、P、K吸收量及磷肥利用率均显著高于底层施磷处理。随施磷量的增加,冬小麦地上部干物重增加而磷肥利用率降低。干旱胁迫高施磷量条件下,全层施磷处理冬小麦地上部干物重、根干重、N、P、K吸收量及磷肥利用率最高,而低施磷量时则表层施磷处理最高,但不同处理之间的差异不及正常供水条件下明显。相同施磷量时正常供水情况下磷肥利用率显著高于干旱胁迫条件下磷肥利用率。

关键词: 施磷位置; 土壤水分; 冬小麦; 磷营养
中图分类号 S143.22

Effects of Placement of P_2O_5 under Different Soil Moisture on Growth and Nutrients Uptake of Wheat

Su Dechun Ren Chunling Wang Xingren
(College of Resources and Environment)

Abstract In order to investigate the effects of placement of P fertilizer on nutrients uptake of wheat under different soil moisture, a pot experiment was conducted. The results showed that when soil was supplied with sufficient water, shoot and root dry weight and N, P, K uptake of wheat were significantly higher if P fertilization be placed at upper and total soil layer than P fertilization be placed at lower layer. When soil suffered water stress, wheat have the highest shoot and root dry weight and N, P, K uptake as P fertilization at total soil layer under high level of P fertilizer application. under this condition, apparent recovery of phosphorous was the highest too. But the differences within various treatment were not so apparent as that of under normal level of soil water. Under same doze of P_2O_5 application, the efficiency was obviously higher than that under drought stress.

Key words phosphorus fertilizer placement; soil moisture; wheat; nutrient uptake

我国农业生产中一般习惯于把磷肥施在土壤表层或耕层。由于磷肥的当季利用率较低且磷在土壤中的移动性很小,使得所施磷肥的绝大多数残留在表土,而底土仍处于缺磷状

收稿日期: 1996-11-18

①国家自然科学基金资助项目

②苏德纯,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

态,造成土壤磷空间分布的严重不均^[1,2]。作物在底土中分布着相当数量的根系,土壤磷空间分布不均会严重影响作物根系的生长及对养分的吸收^[3]。另外,在我国北方干旱地区作物生长季节又常常受到水分不足甚至干旱的影响,表土干燥影响了表土磷的有效性同时迫使根系为吸收水分而下扎,但下层土壤磷素极缺,使得底土中的根系常处于磷胁迫状态^[4]。这样就造成了我国北方干旱地区土壤上磷肥利用率一直较低,靠年年施磷来增产的现状。

在表层干旱,作物对上层养分难以利用的情况下,作物对下层土壤养分和水分的吸收利用对于作物的生长具有重要意义^[5~9]。本试验以北方主要作物冬小麦为材料,采用土柱盆栽试验,模拟土壤磷空间分布不均状况,研究不同水分条件下,施磷位置及施磷量不同对冬小麦生长及其养分吸收的影响。探讨提高土壤磷空间有效性及磷肥利用率的途径。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试土壤是由采自北京市大兴县庞各庄的砂壤土和少量北京农业大学科学园区的壤质底土混合而成,混合的目的是使土壤具有适宜的质地,透水性和持水性。土壤基本农化性状:pH 8.00,有机质 0.25%,全 N 0.010%,速效磷(Olsen-P) 4.66 mg/kg,速效钾 64.7 mg/kg,供试作物为冬小麦,品种为农大 92117,供试肥料为:硫酸铵(含 N 21%),过磷酸钙(含 P_2O_5 10%),氯化钾(含 K_2O 50%)。试验用盆钵为内径 10 cm,高度 40 cm 的硬塑料管,每管装土 4.25 kg,塑料管底部用塑料封口以防漏水。

1.2 试验设计

试验设 2 个水分处理,即正常供水(W1:土壤含水量为田间持水量的 70%~80%)和干旱胁迫(W2:土壤含水量为田间持水量的 50%~60%)。每种水分处理设 3 个施磷水平,分别为 P₀,P₁,P₂,其施磷(P_2O_5)量分别为 0,0.10,0.20 g/kg 土。P₁ 和 P₂ 分别设 3 种施磷位置,分别为 0~20 cm、20~40 cm 和 0~40 cm 土层。每盆总施磷量相同,因而 0~40 cm 施磷位置的处理 P₁ 和 P₂ 相当的施磷量为 0.05 和 0.10 g/kg 土。所有处理氮、钾施用量相同,施肥量分别为氮(N)0.15 g/kg 土,钾(K_2O)0.15 g/kg 土。试验共计 14 个处理,每个处理重复 3 次。处理编号见表 1。

1.3 试验管理

试验于 1996-04-08 播种,每盆定苗 14 株,植株生长两星期后开始水分处理,每天用称重法浇水控制土壤含水量。浇水方法是采用埋入土壤中的塑料管把水直接灌入盆的底部。以模拟田间上层较干而下层较湿的实际土壤水分状况。

1.4 测定项目和方法

小麦生长 50 d 后,分别收获地上部和 0~20 cm 及 20~40 cm 土层根系,并分别用自来水和蒸馏水冲洗干净,然后烘干称重,地上部烘干、磨碎后进行湿灰化,分别用常规法测定植物体内磷、氮和钾的含量。并根据差减法计算磷肥利用率。

2 结果与讨论

2.1 不同水分条件下施磷位置对冬小麦地上部生长的影响

从图 1 不同处理冬小麦地上部干物重可以看出,在正常供水条件下,同一施磷水平时表

层 0~20 cm 施磷和全层 0~40 cm 施磷冬小麦地上部干物重之间差异不显著但二者均显著高于底层 20~40 cm 施磷的处理。同一施磷位置时,高施磷量(P2)处理冬小麦地上部干物重显著高于低施磷量(P1)处理,且所有施磷处理冬小麦地上部干物重均显著高于不施磷的对照处理。这是由于正常供水条件下小麦根系主要分布在表层,底层施磷时由于表土处于磷胁迫状态因而影响了冬小麦地上部的生长。由于土壤很缺磷,因而同一施磷位置条件下随施磷量的增加冬小麦地上部干物重增加;干旱胁迫时,低施磷量(P1)条件下,表层施磷处理冬小麦地上部干物重最高且显著高于全层施磷的处理,但表层施磷和底层施磷处理之间以及底层施磷与全层施磷处理之间的差异不显著。高施磷量(P2)条件下,全层施磷处理冬小麦地上部干物重最高

并显著高于底层施磷的处理。且同样所有施磷处理冬小麦地上部干物重均显著高于不施磷的对照处理。这是由于干旱胁迫时土壤磷的有效性降低,低施磷量(P1)条件下全层施磷处理土壤有效磷浓度最低所致。由于干旱胁迫使小麦根系下扎从而底层施磷处理小麦也能从下层土壤中吸收部分磷,因而其地上部干物重与表层施磷处理之间差异不显著。高施磷量(P2)条件下则不同,全层施磷处理相对来说上下土层均含有较高有效磷,因而其小麦地上干物重最高。同一施磷位置时,随施磷量的增加,表层施磷和底层施磷处理冬小麦地上部干物重变化不明显,这是由于干旱胁迫条件下水分限制了磷的有效性的原因。但全层施磷处理随施磷量的增加冬小麦地上部干物重显著增加,原因是由于全层施磷处理土壤磷浓度相对上、下层施磷处理低一倍,另外冬小麦上下土层都有较多根系,这种情况下即保证了冬小麦磷的供应又保证水的供应。因而全层施磷处理随施磷量的增加冬小麦地上部干物重显著增加。

2.2 不同水分条件下施磷位置对冬小麦根系分布的影响

不同处理冬小麦各层根干重及总根干重见表 2。结果表明,正常供水低施磷量条件下表层施磷处理 0~20 cm 土层根干重显著高于底层施磷和全层施磷处理,而 20~40 cm 土层

表 1 试验处理设置及编号

处理编号	土壤水分状况	施磷量	施磷位置/cm
1CK	W1	P0	
11U		P1	0~20
11D			20~40
11A			0~40
12U		P2	0~20
12D			20~40
12A		0~40	
2CK	W2	P0	
21U		P1	0~20
21D			20~40
21A			0~40
22U		P2	0~20
22D			20~40
22A			0~40

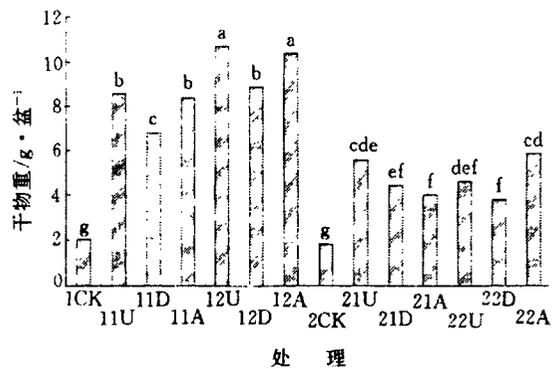


图 1 不同水分条件下施磷位置对冬小麦地上部干物重的影响

根干重 3 个施磷位置处理之间差异不显著。这是由于正常供水条件下表层施磷处理土壤表层有效磷含量较高从而显著促进了 0~20 cm 土层根系的生长所致。正常供水高施磷量条件下, 0~20 cm 土层根干重 3 个施磷位置处理之间差异不显著, 而 20~40 cm 土层根干重表层施磷处理和全层施磷处理显著高于底层施磷处理, 但表层施磷处理和全层施磷处理 20~40 cm 土层根干重差异不显著。这是由于正常供水高施磷量提高了磷在土壤中的扩散能力, 增加了磷在土壤中的移动性, 使施磷位置处理间的差异变的不明显。干旱胁迫低施磷量时, 表层施磷处理 0~20 cm 土层根干重和正常供水一样, 也是显著高于底层施磷和全层施磷处理。但 20~40 cm 土层根干重则不同, 表层施磷处理显著低于底层施磷处理。这是由于干旱胁迫条件下促进了小麦根系下扎, 而底层施磷处理 20~40 cm 土层又有较高有效磷, 因而其 20~40 cm 土层根干重最高。干旱胁迫高施磷量时, 全层施磷处理 0~20 cm 土层根干重显著高于底层施磷和表层施磷处理, 而 20~40 cm 土层根干重 3 个施磷位置处理之间差异不显著。这是由于干旱胁迫条件下增加施磷量提高了磷的有效性, 全层施磷处理上下层根系均能得到较充足磷营养所致。0~40 cm 土层根干重为总根干重, 由于 0~20 cm 土层根干重占总根干重的比例较大, 因而不同处理 0~40 cm 土层根干重和 0~20 cm 土层根干重有类似的规律。

表 2 不同处理冬小麦各层根系干物重

处理	根干重 (g/盆)					
	0~20 cm		20~40 cm		0~40 cm	
W1 CK	0.73	gh*	0.29	ef	1.02	gh
W1P1 0~20 cm	2.66	a	0.80	ab	3.47	a
20~40 cm	1.53	e	0.73	abc	2.26	d
0~40 cm	1.84	cde	0.60	bcd	2.44	cd
W1P2 0~20 cm	2.29	b	0.86	a	3.15	ab
20~40 cm	2.05	bcd	0.34	ef	2.39	cd
0~40 cm	2.13	bc	0.65	abc	2.78	bc
W2 CK	0.53	h	0.21	f	0.74	h
W2P1 0~20 cm	1.48	e	0.26	f	1.74	ef
20~40 cm	0.73	gh	0.51	cde	1.24	fgh
0~40 cm	0.93	fg	0.40	def	1.33	fg
W2P2 0~20 cm	1.10	f	0.21	f	1.31	fg
20~40 cm	0.56	h	0.40	def	0.96	gh
0~40 cm	1.75	de	0.42	def	2.17	de
LSD _{0.05}	0.360		0.225		0.511	

注:应用 LSD 法检验处理间差异程度,同一纵行内无共同字母者表示差异达到 5% 显著水准,以下同。

2.3 不同水分条件下施磷位置对冬小麦养分吸收的影响

从表 3 不同处理冬小麦体内 N, P, K 浓度和吸收量可以看出, 由于不同处理之间 N, K 肥施用量相同, 因而不同处理冬小麦体内 N, K 浓度差异不明显。正常供水低施磷量条件下, 表层施磷处理冬小麦体内 P 浓度显著高于底层施磷和全层施磷处理。而正常供水高施磷量条件下则不同, 表层施磷处理和全层施磷处理冬小麦体内 P 浓度显著高于底层施磷处理,

而表层施磷处理和全层施磷处理冬小麦体内 P 浓度差异不显著。这是由于正常供水条件下小麦根系主要分布在表层,低施磷量时表层施磷处理表土有效磷含量较高所致。而高施磷量时全层施磷处理表土也能有较高有效磷含量,因而其小麦体内磷浓度也较高。干旱胁迫条件下,除低施磷量表层施磷处理冬小麦体内 P 浓度显著低于其它处理以外,其它处理冬小麦体内 P 浓度差异不显著。干旱胁迫低施磷量条件下表层施磷处理小麦体内 P 浓度最低,是由于干旱降低了表土磷的有效性而此处理底土又没施磷的原因。冬小麦 N,P,K 吸收量和冬小麦地上部干物重有类似的规律,即正常供水条件下,不论高施磷量还是低施磷量处理,表层施磷处理和全层施磷处理冬小麦 N,P,K 吸收量均显著高于底层施磷处理冬小麦 N,P,K 吸收量,而表层施磷处理和全层施磷处理之间冬小麦 N,P,K 吸收量差异不显著。干旱胁迫条件下,除高施磷量全层施磷处理冬小麦 N,P,K 吸收量显著高于其它处理外,其它处理之间冬小麦 N,P,K 吸收量差异不显著。干旱胁迫条件下高施磷量全层施磷处理冬小麦 N,P,K 吸收量最高是由于此条件下小麦磷营养状况最佳,地上部生长最好的原因。

表 3 不同处理冬小麦 N,P,K 浓度和吸收量

处理	N,P,K 浓度			N,P,K 吸收量		
	N/%	P/%	K/%	N/mg·pot ⁻¹	P/mg·pot ⁻¹	K/mg·pot ⁻¹
W1 CK	3.09 abcd	0.217 fg	2.94 a	63.80 gh	4.51 f	60.61 g
W1P1 0~20 cm	3.19 abc	0.295 b	2.86 ab	272.38 b	25.19 b	244.40 b
20~40 cm	3.04 abcd	0.245 de	2.82 abc	206.36 cd	16.50 d	189.99 c
0~40 cm	2.96 abcd	0.261 cd	2.88 ab	249.97 bc	21.84 c	239.69 b
W1P2 0~20 cm	3.23 a	0.330 a	2.72 bcd	343.76 a	34.90 a	289.45 a
20~40 cm	2.89 cde	0.281 bc	2.73 bcd	258.27 b	25.02 bc	244.00 b
0~40 cm	3.21 ab	0.322 a	2.89 ab	332.41 a	33.30 a	298.76 a
W2 CK	2.97 abcd	0.161 h	2.66 cd	54.87 h	2.96 f	49.18 g
W2P1 0~20 cm	2.63 e	0.212 g	2.58 d	146.71 ef	11.78 e	143.58 de
20~40 cm	2.63 e	0.240 def	2.77 abc	117.29 f	10.68 e	123.20 ef
0~40 cm	2.91 bcde	0.245 de	2.79 abc	118.32 f	9.91 e	112.73 ef
W2P2 0~20	2.88 de	0.231 def	2.57 d	133.32 ef	10.69 e	118.79 ef
20~40 cm	2.91 bcde	0.262 cd	2.77 abc	110.99 fg	10.01 e	105.39 f
0~40 cm	2.96 abcd	0.257 cd	2.83 abc	174.59 ed	15.01 d	166.10 cd
LSD _{0.05}	0.309	0.045	0.186	49.84	3.19	33.07

2.4 不同水分条件下施磷位置对磷肥利用率的影响

表 4 不同处理磷肥利用率结果表明,正常供水(W1)条件下,不论高施磷量还是低施磷量,表层施磷处理和全层施磷处理磷肥利用率均明显高于底层施磷处理的磷肥利用率,且低施磷量处理磷肥利用率明显高于高施磷量处理的磷肥利用率,而表层施磷处理和全层施磷处理磷肥利用率差异不明显。这主要是由于正常供水条件下底层施磷处理所施磷肥的空间位置与小麦根系的主要分布位置空间错位所致。干旱胁迫(W2)条件下则不同,由于干旱胁迫降低了磷的有效性,使低施磷量时不同施磷位置处理之间磷肥利用率均较低且差异不明

显。而高施磷量时全层施磷处理的磷肥利用率明显高于表层施磷和底层施磷的处理,其原因则是由于高施磷量提高了磷的有效性,而全层施磷处理小麦根系接触到的肥料磷又最多所致。从表4还可看出,所有处理干旱胁迫条件下的磷肥利用率均显著低于其相应的在正常供水条件下的磷肥利用率,这表明干旱严重阻碍了小麦对磷的吸收。

3 结论

3.1 在正常供水情况下,表层施磷和全层施磷处理冬小麦地上部干物重、总根干重及N,P,K吸收量显著高于底层施磷处理。随施磷量的提高,冬小麦地上部干物重增加。干旱胁迫条件下,高施磷量全层施磷处理冬小麦地上部干物重、总根干重及N,P,K吸收量最高,但不同处理之间的差异不及正常供水条件下明显。

3.2 在正常供水情况下,高、低两个施磷水平都有表层施磷和全层施磷处理磷肥利用率明显高于底层施磷处理的规律,表层施磷和全层施磷处理之间磷肥利用率差异不明显。干旱胁迫高施磷量条件下,全层施磷处理磷肥利用率最高,而低施磷量条件下各处理磷肥利用率差异不明显;相同施磷量时正常供水情况下磷肥利用率显著高于干旱胁迫条件下磷肥利用率。除高施磷量全层施磷处理外,相同施磷位置时两种水分条件下均表现为随施磷量增加磷肥利用率降低。

表4 不同处理冬小麦磷肥利用率(%)

处理	施磷位置		
	0~20 cm	20~40 cm	0~40 cm
W1P1	22.3(0.9)*	12.9(0.6)	19.4(2.1)
W1P2	16.4(1.4)	11.1(1.5)	15.5(1.2)
W2P1	9.5(1.3)	8.3(1.0)	7.5(2.4)
W2P2	4.2(0.7)	3.8(1.0)	6.5(0.9)

* 括号内值为3个重复的标准差

参 考 文 献

- 1 李昆,曹一平,苏德纯. 土壤剖面中Olsen-P的分布特征与深层施磷的效应. 北京农业大学学报,1995,21(增):84~88
- 2 周建斌,李昌纬,赵伯善. 长期施肥对底土养分含量的影响. 土壤通报,1993,24(1):21~23
- 3 苏德纯. 从土壤中磷的空间分布特征探讨提高磷肥及土壤磷有效性的新途径. 磷肥与复肥,1995,10(3):74~76
- 4 李晓林,陈新平,崔俊霞,丁宝建. 不同水分条件下表层施磷对小麦吸收下层土壤养分的影响. 植物营养与肥料学报,1995,1(2):40~46
- 5 Borkert C M, Barber S A. Soybean shoot growth and phosphorus concentration as affected by phosphorus placement. Soil Sci Soc Am J, 1985, 49:152~155
- 6 Jarvis R J, Bolland M D A. Placing superphosphate at different depths in the soil changes its effectiveness for wheat and lupin production. Fertilizer Research, 1990, 22:97~107
- 7 Kuhlmann H, Baumgartel G. Potential importance of the subsoil for P and Mg nutrition of wheat. Plant and Soil, 1991, 137:259~266
- 8 McConnell S G, Sander D H, Petreson G A. Effect of fertilizer phosphorus placement depth on winter wheat yield. Soil Sci Soc Am J, 1986, 50:148~153
- 9 Sweeney D W. Fertilizer placement and tillage effects on grain sorghum growth and nutrient uptake. Soil Sci Soc Am J, 1993, 57:532~537