

大豆群体对氮、磷、钾的平衡吸收关系的研究^{*}

高聚林¹ 刘克礼¹ 李惠智² 刘景辉¹ 刘砚梅² 陈新民²

(1. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010018; 2 呼盟农业科学研究所, 扎兰屯 021100)

摘要 以蒙豆 5 号为供试品种, 系统的研究了旱作大豆在不同密度、施肥量处理下, 氮、磷、钾平衡吸收关系。结果表明: 大豆一生中植株氮、磷、钾积累量间以及三要素与干物质积累量间均呈极显著的直线相关关系, 每形成 1kg 干物质, 需协调吸收氮素(N) 0.026kg, 磷素(P_2O_5) 0.0022kg, 钾素(K_2O) 0.0049kg; 每吸收积累 1kg 氮素(N), 需协调吸收积累磷素(P_2O_5) 0.0845kg, 钾素(K_2O) 0.1799kg。产量 2625kg 以上旱作大豆群体, 每生产 100kg 大豆子粒需 N: 6.12kg, P_2O_5 : 0.53kg, K_2O : 1.10kg。

关键词 大豆; 氮磷钾; 吸收比例

中图分类号 S 157.4[†]1 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2004)02-0106-05

作物体内养分状况是作物生长发育的基础^[1]。大豆是需肥种类多, 需肥数量大的作物, 其中以 N、P、K 的吸收量最多。氮是大豆生长发育和产量形成的主要元素, 随着大豆产量的提高, 对氮素的吸收量增加。尽管大豆有根瘤固氮作用, 但是其固定的氮素(以最高值 $135\text{kg}/\text{hm}^2$) 来估算, 远不能满足大豆高产($3000\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上)栽培对氮素的需求。所以, 增施氮肥对于大豆高额产量是必不可少的^[2]。徐本生(1989)、董钻(1996)研究表明, 除大豆子粒中 N 素含量变化呈递增趋势外, 其它各器官的 N 素百分含量均呈递减变化^[3, 4]。史占忠(1980)研究表明, 大豆一生中植株全氮和全磷的百分含量均呈下降趋势, 全钾百分含量波动较大^[5]。邱任谋(1984)根据大豆对营养吸收积累规律和许多学者对大豆施肥的研究, NP、NK、PK、NPK 肥料配合施用, 可以收到比单独施用某种营养元素增产的效果^[6]。陈仁忠研究指出, 三要素中, 对产量的影响大小依此是 $K > P > N$ ^[7]。李永孝研究指出, 单产 $3750\text{kg}/\text{hm}^2$ 的子粒产量需吸收 N $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 、 P_2O_5 $75\text{kg}/\text{hm}^2$ 、 K_2O $99\text{kg}/\text{hm}^2$ ^[8]。王彦丰等认为“长农 5 号”品种, 在单产 $2400\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上时须施尿素 $75\text{kg}/\text{hm}^2$ 、三料磷 $150\text{kg}/\text{hm}^2$ 、氯化钾 $45\text{kg}/\text{hm}^2$ ^[9]。可见, 由于产量水平、品种、土壤肥力的差异, 大豆对肥料的吸

收状况也存在差异。

大豆植株的正常生长发育, 不仅取决于三要素营养水平的高低, 而且取决于对三要素的平衡吸收, 这种平衡吸收的关系又依赖于土壤供肥水平和科学施肥。过去, 对内蒙古土壤供肥能力的评价常以“缺氮、少磷、钾有余”予以概括, 近年来, 通过研究表明, 大豆增施钾肥具有不同程度的增产效果, 由此说明, 在内蒙古的大豆生产中应从过去的氮、磷两种营养元素配施的观念转向三要素配合施用。本研究目的就是明确大豆对氮、磷、钾平衡吸收关系, 为内蒙古旱作丘陵区大豆配方和平衡施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地

试验于 1997—1998 年在内蒙古东北部扎兰屯市呼伦贝尔盟农业科学研究所试验地进行。年平均气温 2.4°C , 年降水量 450—550mm, 无霜期 126d。土壤为黑钙土, 土壤耕层 0cm—20cm 有机质含量 4.68%, 碱解氮 $211\text{mg}/\text{kg}$ 土, 速效磷 $22.2\text{mg}/\text{kg}$ 土, 速效钾 $129.1\text{mg}/\text{kg}$ 土, pH 值 6.16。

1.2 材料及处理

供试品种为当地主要推广的亚有限结荚习性优

^{*} 收稿日期: 2003-08-07

基金项目: 内蒙古自治区“九五”重大科技攻关课题(960101)资助, 刘克礼为通讯作者。

作者简介: 高聚林(1964—), 男, 教授、博士, 主要从事作物生理生态及决策系统的研究。

良品种蒙豆5号,以产量为目标函数,设施磷肥量(X_1)、施钾肥量(X_2)、施氮肥量(X_3)、密度(X_4)四项主要农艺栽培措施为决策变量,采用四因素三水平设计,以未施肥区为对照,共10个处理组合,三次重复,随机区组排列,实施方案见表1。行距60cm,小区面积71.5m²,垄作种植。磷肥为磷酸二铵或过磷酸钙,钾肥为硫酸钾,氮肥为尿素,肥料在播种(5月8日)时开沟一次性侧深施并与种子分开;5月28日出苗。

1.3 取样时间与方法

在大豆生育期间,分别在苗期(6月22日)、开花期(7月5日)、结荚期(7月19日)、鼓粒期(8月7日)、黄叶期(9月8日)、成熟期(9月14日)取样6次,每次取1m长样段,测定株数、分枝数等,再从中选取有代表性的植株10株,按茎秆、叶片、叶柄、荚皮、子粒5部分分别处理,测定其鲜重、叶面积,再烘干至恒重后测干重,粉碎后分析测定各器官氮、磷、钾素含量。

花期(7月5日)、结荚期(7月19日)、鼓粒期(8月7日)、黄叶期(9月8日)、成熟期(9月14日)取样6次,每次取1m长样段,测定株数、分枝数等,再从中选取有代表性的植株10株,按茎秆、叶片、叶柄、荚皮、子粒5部分分别处理,测定其鲜重、叶面积,再烘干至恒重后测干重,粉碎后分析测定各器官氮、磷、钾素含量。

1.4 氮磷钾测定方法

H₂SO₄—H₂O₂消煮后,奈氏比色法测定氮素,钒钼酸铵法测定磷素,火焰光度计法测定钾素。

Table 1 Four— factors experiment treatment and levels

处理 treatment	施磷肥量 (X_1) Amount of P ₂ O ₅ applied (P ₂ O ₅ , kg/hm ²)	施钾肥量 (X_2) Amount of K ₂ O applied(K ₂ O, kg/ hm ²)	施氮肥量 (X_3) Amount of N applied (N, kg/ hm ²)	基本苗数 (X_4) Basis seedling (× 10 ⁴ 株 plants/ hm ²)
高密度 High density	75	60	60	45
低密度 Low density	75	60	60	15
高施磷量 High amount of P applied	150	60	60	20.37
未施磷肥 No P applied	0	60	60	20.37
高施钾量 High amount of K applied	75	120	60	20.37
未施钾肥 No K applied	75	0	60	20.37
高施氮量 High amount of N applied	75	60	120	20.37
未施氮肥 No N applied	75	60	0	20.37
因素中量组合 Factors middle combination	75	60	60	20.37
未施肥 No fertilizer(CK)	0	0	0	20.37

2 结果与分析

2.1 大豆群体干物质积累量、氮、磷、钾积累量间的关系

2.1.1 干物质积累量与氮、磷、钾积累量的关系

大豆光合作用过程中需要不断从土壤中吸收氮、磷、钾等营养物质,以实现其干物质生产过程中的生理生化代谢对营养的需要。明确大豆光合产物形成过程中对氮、磷、钾营养需求的关系,是合理施肥的基础。通过对大豆不同生育时期,不同处理下植株个体对氮、磷、钾吸收积累量(y)与干物质积累量(x)的回归分析,明确了大豆氮、磷、钾积累量与干物质积累量的关系(图1)。

由图1可见,随着大豆干物质积累量的增加,植株吸收积累氮、磷、钾量也随之增加,且呈极显著的直线相关。由直线相关方程可知:大豆群体干物质生产过程中,每形成1kg干物质,需协调吸收氮素

(N)0.026kg,磷素(P₂O₅)0.0022kg,钾素(K₂O)0.0049kg。

2.1.2 大豆植株氮、磷、钾积累量间的相互关系

大豆对氮、磷、钾的吸收,与干物质合成密切相关,同时又是相互协调和制约的。通过对不同处理下旱作大豆不同生育时期对氮、磷、钾的吸收积累量间的相关分析,可知三者之间均呈极显著的直线相关(图2),即大豆一生中,对三要素的吸收呈线性比例增加,其具体的数量关系为植株每吸收积累1kg氮素(N),需协调吸收积累磷素(P₂O₅)0.0845kg,钾素(K₂O)0.1799kg。这种定量关系,可做为确定旱作大豆氮、磷、钾配方与平衡施肥的理论依据之一。

2.2 大豆对氮、磷、钾的平衡吸收比例

上述分析,明确了大豆整个生育期内的氮、磷、钾吸收积累的定量关系。为进一步明确不同生育时期旱作大豆对三要素吸收积累的关系,对大豆不同生育时期氮、磷、钾的吸收比例的研究结果表明,随着大豆生长发育进程的推进,大豆吸收积累三要素

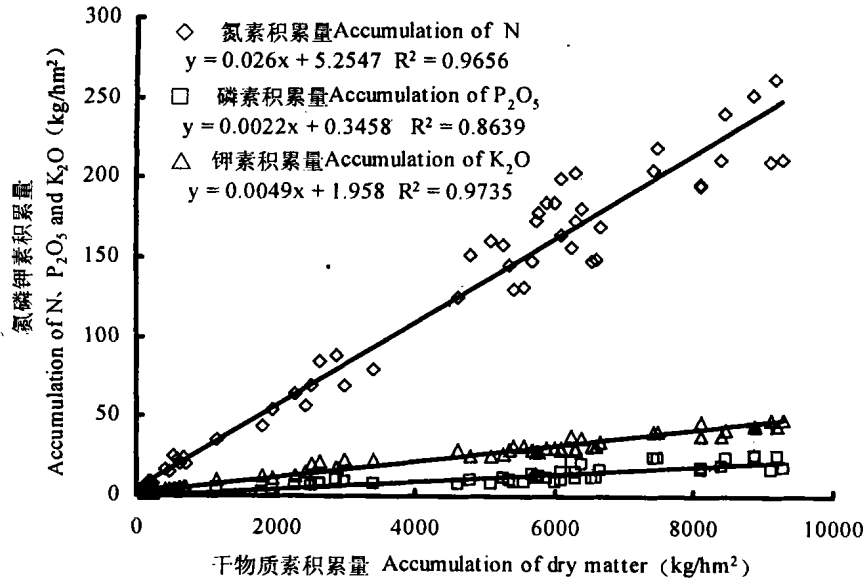


图 1 旱作大豆氮、磷、钾积累量与干物质积累量的关系

Fig 1 The relation between accumulation of N、P₂O₅、K₂O and accumulation of dry matter of dry farming soybean plants

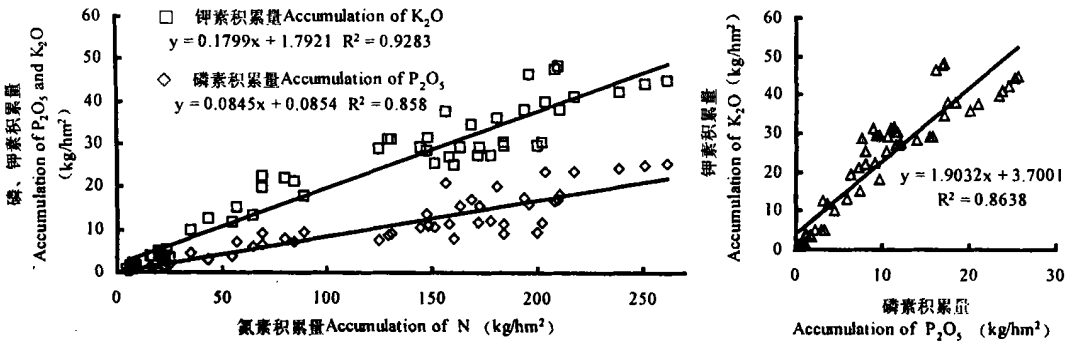


图 2 旱作大豆氮、磷、钾积累量间的关系

Fig 2 The relation among accumulation of N、P₂O₅、K₂O of dry farming soybean plants

表 2 旱作大豆不同生育时期 N、P₂O₅、K₂O 的吸收比例

Table 2 Assimilation ratio of N、P₂O₅、K₂O of dry farming soybean in different stage

处理 Treatment	三叶期 Three leaves date	开花期 Flowering date	结荚期 Podding date	鼓粒期 Pod filing date	黄叶期 Yellow leaf date	成熟期 Maturing date
出苗后天数 Days after emergence	26	39	53	72	104	110
高密度 High density	7.90 : 1 : 2.37	7.76 : 1 : 2.22	7.46 : 1 : 1.78	9.79 : 1 : 1.73	9.96 : 1 : 1.75	10.25 : 1 : 1.75
低密度 Low density	9.78 : 1 : 2.11	9.74 : 1 : 2.34	11.75 : 1 : 2.93	10.66 : 1 : 2.06	10.60 : 1 : 1.88	10.98 : 1 : 1.86
高施磷量 High amount of P applied	12.29 : 1 : 1.99	12.88 : 1 : 1.84	9.27 : 1 : 1.88	9.06 : 1 : 1.80	8.72 : 1 : 1.70	9.18 : 1 : 1.72
未施磷肥 No P applied	16.81 : 1 : 2.83	17.37 : 1 : 3.09	14.85 : 1 : 3.19	20.35 : 1 : 3.19	19.98 : 1 : 3.22	20.93 : 1 : 3.11
高施钾量 High amount of K applied	13.53 : 1 : 2.19	14.25 : 1 : 2.29	10.78 : 1 : 2.20	14.46 : 1 : 2.43	16.12 : 1 : 2.65	17.42 : 1 : 2.61
未施钾肥 No K applied	13.23 : 1 : 2.45	14.03 : 1 : 3.27	10.96 : 1 : 3.11	13.79 : 1 : 2.35	14.50 : 1 : 2.29	14.84 : 1 : 2.29
高施氮量 High amount of N applied	9.97 : 1 : 1.70	10.47 : 1 : 2.25	10.05 : 1 : 2.79	12.17 : 1 : 2.89	12.39 : 1 : 2.83	12.30 : 1 : 2.83
未施氮肥 No N applied	8.30 : 1 : 1.56	7.12 : 1 : 1.71	7.78 : 1 : 2.06	13.75 : 1 : 2.77	13.52 : 1 : 2.87	13.24 : 1 : 2.81
因素中量组合 Factors middle combination	7.47 : 1 : 1.35	6.01 : 1 : 1.46	7.59 : 1 : 2.46	9.94 : 1 : 2.03	11.09 : 1 : 2.16	11.53 : 1 : 2.08
未施肥 No fertilizer(CK)	8.20 : 1 : 1.68	8.08 : 1 : 1.76	14.12 : 1 : 4.16	16.56 : 1 : 3.81	14.71 : 1 : 3.53	14.60 : 1 : 3.48

比例具有明显的变化, 而且种植密度与施肥量对其影响也十分明显, 其结果(表 2)。

表 2 结果表明: 旱作大豆在不同处理下, 随着生育进程的推进, 氮磷吸收之比以苗期为较高, 开花结荚期略有下降, 鼓粒成熟期又有回升趋势; 钾磷吸收量之比相对稳定或略有升高; 且氮素与磷素吸收量的比值大于钾素与磷素吸收量的比值, 说明旱作大豆生育期间吸收氮、磷、钾量的多少为氮>钾>磷。

不同密度与施肥量处理下, 大豆吸收氮、磷、钾比例是不同的。不同种植密度下, 氮磷吸收之比和钾磷吸收量之比在开花期之前以低密度>高密度>中密度, 结荚、鼓粒期以低密度>中密度>高密度, 黄叶、成熟期以中密度>低密度>高密度, 表明适宜群体规模有利于维持大豆生育前期较低的氮素营养和生育后期较高的氮素营养。不同施磷量下, 氮磷吸收之比和钾磷吸收量之比均随施磷量增加而递减, 表明增施磷肥有利于增加大豆对磷素的吸收比

例。不同施钾、氮量下, 氮磷吸收之比和钾磷吸收量之比均以中量施钾、氮量最低, 表明适量施钾、氮肥更有利于促进磷素的吸收, 不施或过量施钾、氮量均导致氮、磷、钾的吸收失衡。由此可见, 大豆群体结构或营养元素配比不合理时, 均影响大豆对氮、磷、钾的平衡吸收, 进而影响植株体内氮、磷、钾的营养平衡和代谢活动, 最终使产量下降。从实际的产量分析结果来看, 密度适宜和氮磷钾中量配施处理产量最高, 因而, 可以认为其吸收氮、磷、钾比例也较为合理。

2.3 大豆对氮、磷、钾累积吸收量与产量关系

不同种植密度和施氮、磷、钾量处理下, 旱作大豆对氮、磷、钾累积吸收量随种植密度和施氮、磷、钾量的增加而增加; 而子粒产量则随种植密度和施氮、磷、钾量的增加呈单峰曲线变化, 即以种植密度较适宜、氮磷钾适量配施的因素中量水平产量最高(表 3)。即在同一处理的不同水平下, 随着氮、磷、钾累

表 3 旱作大豆在不同处理下氮、磷、钾累积吸收量与产量关系
Table 3 The relation between absorbing amount of dry farming soybean plants to N, P₂O₅ and K₂O under different treatments and grain yields

处理 Treatment	子粒产量 Grain yield kg/ hm ²	氮素(N)			磷素(P ₂ O ₅)			钾素(K ₂ O)		
		hm ² 吸收量 Absorption. hm ⁻²	100kg 子粒 吸收量 Absorption. 100kg ⁻¹ grain	每 kgN 生 产子粒量 Grain. kg ⁻¹ N	hm ² 吸收量 Absorption. hm ⁻²	100kg 子粒 吸收量 Absorption. 100kg ⁻¹ grain	每 kgP ₂ O ₅ 生产子粒量 Grain. kg ⁻¹ P ₂ O ₅	hm ² 吸收量 Absorption. hm ⁻²	100kg 子粒 吸收量 Absorption. 100kg ⁻¹ grain	每 kgK ₂ O 生产子粒量 Grain. kg ⁻¹ K ₂ O
高密度 High density	2951.0	234.01	7.93	12.61	22.72	0.77	129.87	39.84	1.35	74.07
低密度 Low density	2279.1	173.67	7.62	13.12	15.73	0.69	144.93	29.40	1.29	77.52
高施磷量 High amount of P applied	2008.8	210.32	10.47	9.55	22.90	1.14	87.72	39.37	1.96	51.02
未施磷肥 No P applied	2102.0	195.07	9.28	10.78	9.25	0.44	227.27	29.01	1.38	72.46
高施钾量 High amount of K applied	2046.3	206.47	10.09	9.91	11.87	0.58	172.41	30.90	1.51	66.23
未施钾肥 No K applied	2151.6	171.70	7.98	12.53	11.62	0.54	185.19	26.46	1.23	81.30
高施氮量 High amount of N applied	2528.4	203.79	8.06	12.41	16.69	0.66	151.52	46.78	1.85	54.05
未施氮肥 No N applied	2033.7	143.58	7.06	14.16	10.78	0.53	188.68	30.51	1.50	66.67
因素中量组合 Factors middle combination	3287.3	201.18	6.12	16.34	17.42	0.53	188.68	36.16	1.10	90.91
未施肥 No fertilizer(CK)	1950.9	129.73	6.65	15.04	8.97	0.46	217.39	30.82	1.58	63.29

积吸收量的增加子粒产量呈单峰曲线变化。

由表 3 可知, 旱作大豆在 1950.9—3287.3kg/hm² 产量范围内, 每生产 100kg 子粒吸收氮素量为 6.12—10.47kg, P₂O₅ 为 0.44—1.14kg, K₂O 为 1.10—1.96kg。不同种植密度和施氮、磷、钾量处理下,

每生产 100kg 子粒的氮、磷、钾三要素吸收量和单位氮、磷、钾三要素吸收量的子粒生产量是不同的。在本试验中均以密度较适宜、氮磷钾适量配施的因素中量水平处理下, 每生产 100kg 子粒的氮、磷、钾三

要素吸收量最低(除磷素吸收量以未施磷肥处理和 CK 最低外),而单位氮、磷、钾三要素吸收量的子粒生产量与此相反。可见,在因素中量组合处理下,促进了植株对营养元素的平衡吸收,经济产量最高。因此,可将因素中量组合处理下每生产 100kg 大豆子粒所吸收的氮、磷、钾量及其比例,作为指导旱作大豆高产优化栽培时计划产量指标需肥量的参考依据,即每生产 100kg 大豆子粒需 N: 6.12kg, P₂O₅: 0.53kg, K₂O: 1.10kg。

3 结论与讨论

3.1 在内蒙古东北部岭东南旱作丘陵区大豆植株每形成 1kg 干物质,需吸收氮素(N)0.026kg, 磷素(P₂O₅)0.0022kg, 钾素(K₂O)0.0049kg; 每吸收积累 1kg 氮素(N),需吸收积累磷素(P₂O₅)0.0845kg, 钾素(K₂O)0.1799kg。这种定量关系,可作为确定旱作大豆氮、磷、钾配方与平衡施肥的理论依据。

3.2 大豆一生中对氮磷钾吸收比例,受种植密度、施肥量的影响,并随着生育进程而变化。在内蒙古东北部岭东南旱作丘陵区大豆一生中吸收氮、磷、钾量依次为氮>钾>磷。生产上只有在适宜种植密度和氮磷钾适量配施下,方能获得高产。

3.3 每生产 100kg 大豆子粒,从土壤中需吸收的 N、P₂O₅、K₂O 的数量,并不是一个恒定值,因品种、土壤肥力、施肥量与施肥技术、产量水平的不同而有一定差异。在内蒙古东北部岭东南旱作丘陵区产量 2625kg/hm² 以上旱作大豆优化栽培群体,每生产

100kg 大豆子粒需 N: 6.12kg, P₂O₅: 0.53kg, K₂O: 1.10kg。可作为该地区计划产量指标需肥量的参考依据。

3.4 旱作大豆植株对氮、磷、钾积累量间以及氮、磷、钾与干物质积累量间均呈极显著的直线相关,而随着氮、磷、钾累积吸收量的增加子粒产量则呈单峰曲线变化。这是由种植密度较适宜、氮磷钾适量配施的因素中量水平下,促进了植株对营养元素的平衡吸收,协调了旱作大豆源、流、库三者之间的关系,经济系数较高,提高了经济产量所决定的。与此有关的生理机制有待后续的研究报道。

参考文献

- 汪定淮, 刘尚义编著. 作物养分平衡与高产栽培兼论作物栽培科学的现代化[M]. 北京: 北京大学出版社, 1994. 25-70.
- 袁立海. 氮肥增产效应的研究[J]. 大豆科学, 1984, 3(3): 243-250.
- 徐本生, 籍玉尘, 杨建堂. 夏大豆的干物质积累和氮磷钾吸收分配动态的研究[J]. 大豆科学, 1989, 8(1): 47-53.
- 董钻, 谢甫绶. 大豆氮磷钾吸收动态及模式的研究[J]. 作物学报, 1996(1): 89-95.
- 史占忠. 大豆植株全氮磷钾含量变化分析[J]. 大豆科学, 1989, 8(4): 369-374.
- 邱任谋. 大豆施用钾肥的肥效研究[J]. 大豆科学, 1984, 3(2): 139-144.
- 陈仁忠. 夏大豆高产栽培模式的研究[J]. 大豆科学, 1988, 7(4): 301-307.
- 李永孝. 夏大豆高产栽培因素效应分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 1995, 11(1): 4-12.
- 王彦丰. 大豆高产综合农艺措施模拟和优化的研究[J]. 大豆科学, 1992, 11(1): 45-49.

STUDY ON BALANCE ABSORPTION OF DRY FARMING SOYBEAN PLANTS TO N. P. K

Gao Julin¹ Liu Keli¹ Li Huizhi² Liu Jinghui¹ Liu Yanmei² Chen Xinmin²

(1. Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, 010018, 2. Agriculture Science Institute in Humeng, Zhilantun, 021100)

Abstract Taeking Mengdous soybean variety as the experiment material the relation among balance absorption for dry farming soybean plants to N. P. K ander different density and fertilizer amount was studied in Inner Monsoia. The result showed that there were sisinificant linear correlation among the aculumulation of N. P. K and between that and the accumulation of dry mater in soybean plants. It needs 0.0267kg 'N, 0.0021kg 'P₂O₅, 0.0047kg 'K₂O to produce 1 kg dry matter; it needs 0.0774kg 'P₂O₅, 0.1744kg 'K₂O to assimilate 1.0kg 'N. It needs 6.12kg 'N, 0.53kg 'P₂O₅, 1.10kg 'K₂O to produce 100kg grain yield.

Key words Soybean; N. P. K; Absorptivity