

示例 1 正确的肥料品种提高水浇地马铃薯产量和氮肥利用率

马铃薯是内蒙古主要经济作物之一，近年来面积和产量不断增加，尤其是水浇地马铃薯增长迅速，因此氮肥用量也增加，以期获得高产。然而，过高的氮肥用量导致成本增加和氮肥利用率下降。因此，选择合适的氮肥品种，实现氮素供应与作物需求同步，减少氮肥用量、提高氮肥利用率，是当前马铃薯栽培中急需解决的主要营养问题。控释氮肥可以调节氮素释放速率，通过与作物需求协调，从而提高氮素利用率，同时降低施用量和减少施肥次数，节约劳动力成本。可以通过控制土壤水分的含量来调节控释氮肥氮素释放，适合水浇地马铃薯施用。2009–2011 在内蒙古水浇地马铃薯上的试验表明，在相同施氮量下，控释尿素比普通尿素可获得较高的块茎产量和氮素利用率，75% 推荐施氮量下的控释尿素与 100% 推荐施氮量下的普通尿素相比，块茎产量相当，但氮肥利用率提高，说明控释尿素可以降低氮肥用量，减少氮素损失（表 1）。

处 理	块茎产量 (公斤 / 亩)	AEN(千克 / 千克) [†]	REN(%) [‡]
不施氮	2013 d	--	--
推荐施氮量 CRU	2573 a	33.3 ab	45.3 ab
推荐施氮量 RU	2427 b	24.5 bc	32.1 c
75% 推荐施氮量 CRU	2467 ab	35.6 a	52.3 a
75% 推荐施氮量 RU	2307 c	22.4 c	40.6 bc

[†]AEN = 氮肥的农学效率, 施用每千克氮增加的块茎产量; [‡]REN = 氮素回收率, 施氮处理地上部吸氮量增量占施氮量的 %。
所有处理 N、P、K 肥全部种植前基施。同一列中数字后相同字母表示差异没有达到 5% 的显著水平。

资料来源: Li, S. and J. Jin. Better Crops with Plant Food, 2012, 96 (1):20–23.

示例 2 钾肥品种和用量对甘蓝产量的影响

生产上常用的钾肥品种有氯化钾和硫酸钾。在粮、油作物上，人们早已习惯使用氯化钾；但在蔬菜上，究竟用哪一品种更为合适，是长期以来人们关心和争论的问题。过去的研究表明，在不缺硫的土壤上，两种钾肥肥效相当；但在缺硫土壤、喜硫作物或对高氯敏感的作物上，硫酸钾的效果则优于氯化钾。

表 1 的数据是氯化钾和硫酸钾在甘蓝上的肥效试验结果。两种钾肥对甘蓝产量的影响趋势一致，即随着钾肥用量增加而增加，当 K_2O 用量高于 15 公斤 / 亩时，甘蓝产量降低。由于甘蓝属于喜硫作物，在相同施钾水平下，硫酸钾对甘蓝的增产效果略优于氯化钾。该研究结果表明，在土壤硫素供应不足的情况下，甘蓝等喜硫蔬菜选用含硫肥料的效果优于不含硫的肥料。因此，甘蓝到底是施用硫酸钾还是氯化钾更好，取决于土壤的硫素状况和前作施用的钾肥品种。

钾肥品种	用量 (公斤 / 亩)	产量 (公斤 / 亩)	增产率 (%)
KCl	0	3045 d	--
	5	3610 c	6.03
	15	3993 a	17.3
	30	3770 bc	10.7
K_2SO_4	5	3637 c	6.81
	15	4038 a	18.6
	30	3913 b	14.9

资料来源：金珂旭，王正银，王菲，等．钾肥品种和用量对甘蓝产量、重金属和硝酸盐含量的影响．
高效施肥，2013，31:33-35.

示例 3 广东最佳氮钾平衡用量对香蕉产量和品质的影响

与大多数其他作物不同，香蕉需要比氮更多的钾才能获得高产和优质。除施肥量外，钾氮比对香蕉的生长和产量也有显著影响。正确的钾氮比对香蕉生产非常重要。

实验设计：田间试验安排在广东省高州市宝光镇丁堂村蕉园，以探讨不同钾氮比对香蕉长势、产量和品质的影响。试验设置了 4 个氮水平（0, 15.2, 37.0 和 55.5 公斤 N / 亩），和 4 个钾水平（0, 20.4, 40.7 和 61.1 公斤 K₂O / 亩）。各处理磷肥用量相同，为 11 公斤 P₂O₅ / 亩。施用的肥料种类：氮为尿素，磷为过磷酸钙，钾为氯化钾。肥料分 7 次施用，包括 1 次基肥，营养生长期 3 次追肥，生殖生长期 3 次追肥。香蕉从试管苗定植至花芽分化前，氮肥施用量占总氮肥施用量的 20% 左右，钾肥占 15% 左右，磷肥占 50%。从花芽分化期前至抽蕾前，氮肥占 45% 左右，钾肥占 55% 左右，磷肥占 30%。抽蕾后，氮肥施用量占 35% 左右，钾肥占 30% 左右，磷肥占 20%。在香蕉苗期施水肥，生长前期开沟施肥，香蕉生长中、后期挖穴施肥，施肥后覆土及淋水。

结果：在相同施钾水平下，香蕉产量随着施氮量的增加而增加，当施氮量为 37 公斤 N / 亩时香蕉产量达到最高（表 1）。同样，在相同氮水平下，香蕉产量随着施钾量增加而增加，当施钾量为 41 公斤 K₂O / 亩时香蕉产量达到最高。最佳氮钾用量配合获得了最高香蕉果实产量。但是，香蕉品质指标可溶性糖对氮的反应与钾不一样。回归分析表明，该区域香蕉最佳施肥量为 38 公斤 N / 亩 和 47 公斤 K₂O / 亩，K₂O : N 为 1.25。在该施肥水平和钾氮配比下，香蕉产量最高，经济效益最好。最佳的氮钾施肥量能显著提高香蕉产量和效益。本试验中，可溶性糖含量与氮相关，但与钾无关。这个研究结果与该区域的其他研究一致，可以用于指导该区域香蕉生产。

表 1 不同 N、K 用量对香蕉产量、品质指标和效益的影响

施肥量 (公斤 / 亩)		香蕉产量 (公斤 / 亩)	可溶性糖 (%)	效益 (元 / 亩)
N	K ₂ O			
0	40.7	630 d	18.1 c	237
15.2	40.7	2340 ab	19.1 abc	8004
37.0	40.7	2508 a	20.2 ab	8697
55.5	40.7	2304 ab	18.8 bc	7666

化肥及香蕉价格 (元)：N 4.58 元 / 公斤，K₂O 5.00 元 / 公斤，香蕉 4.33 元 / 公斤。

资料来源：杨苞梅，黄汉森，黄强，等．钾氮营养对香蕉抽蕾和产量的影响．高效施肥，2012，29(2):16-21.

示例 4 湖北省油菜适宜的钾肥推荐量

在中国的农作物生产中,钾肥是非常重要的且施用效果良好的化学肥料,为实现农业生产的可持续发展,在有限的钾肥资源条件下,我国面临着在农业生产中必须提高钾肥利用效率的严重挑战。大量田间不施钾肥小区试验和土壤速效钾分析测试结果表明,除少数对钾肥敏感的块茎类作物和牧草需土壤供钾水平较高外,大部分农作物在土壤中等供钾水平下就可获得正常产量。近三十年来的研究表明,南方土壤中 2/3 水稻土,1/2 旱地土壤表现出了缺钾状况,南方土壤缺钾面积占全国缺钾总面积的 4/5。

自 20 世纪 80 年代以来,在国际植物营养研究所 (IPNI) 的支持下,中国南方的项目合作者在不同种植类型、不同土壤供钾水平、钾与其他营养元素之间的相互作用等方面开展了大量研究,涉及水稻、玉米、花生和油菜等 30 余种农作物。研究表明,这些农作物对施钾肥均有明显的增产效应。

1990-2002 年湖北省进行的 41 个油菜田间钾肥试验结果表明,土壤速效钾含量为 40-70 毫克/公斤的情况下,油菜钾肥 (K_2O) 的适宜用量为 7-8 公斤/亩 (表 1)。这些研究都是在首先进行土壤速效钾分析 (醋酸铵提取,火焰光度计法) 的基础上来研究如何实现油菜的目标产量并维持土壤钾素水平,其钾肥推荐技术已广泛应用于该地区的施肥推荐并在不断完善中。

表 1 基于土壤测试的油菜钾肥施用量及产量响应

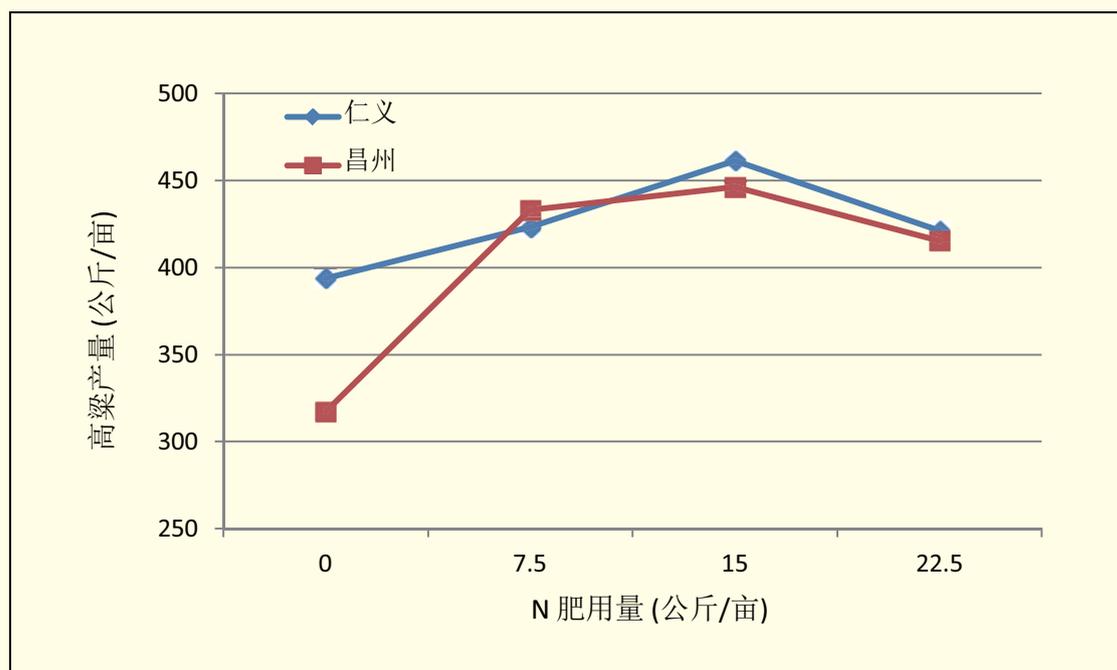
田间 试验数	土壤速效钾 (毫克/公斤)		K_2O (公斤/亩)	产量 (公斤/亩)		每公斤 K_2O 增产 (公斤)	产 / 投比
	范围	平均		NP	NPK		
8	<40	36.9	8	49.2	92.3	5.22	5.43
15	40-50	45.8	7.7	68.1	104.1	4.70	4.89
12	50-60	54.9	7.3	83.7	112.9	3.98	4.14
6	60-70	67.8	7.0	119.6	136.1	2.36	2.45

注: K_2O 价格 = 5.00 元 / 公斤, 油菜价格 = 5.20 元 / 公斤。

资料来源: Lu, J. et al. Evaluation of Soil K Fertility and Rational K Fertilization, In Proceedings of 10th International Potash Symposium, 2004, 66-72.

示例 5 土壤肥力水平及氮肥用量对高粱产量的影响

氮是作物需求量最大和反应最敏感的营养元素之一，因此氮肥施用量通常与作物产量具有很好的相关性。图 1 是李伟等在重庆市荣昌县开展的两个高粱氮肥用量试验的产量反应曲线。两个试验点的氮肥用量均为 0, 7.5, 15 和 22.5 公斤/亩四个水平。结果表明，高粱对氮肥用量有很好的反应，籽粒产量都随氮肥用量的增加而增加，达到最高产量后又随氮肥用量的增加而下降。不施氮肥时，仁义镇的高粱产量显著高于昌州镇，表明前者的基础氮素肥力明显高于后者。施用氮肥后，昌州镇的高粱最高产量高于仁义镇，表明昌州镇土壤的生产潜力高于仁义镇。该区域高粱的最佳施氮水平介于 7.5 - 15 公斤/亩之间。



资料来源：李伟，等．平衡施肥对高粱肥料效应和产量的影响研究．西南地区作物养分系统管理研究，成都：四川大学出版社，2013.

示例 6 优化施氮平衡水稻产量、氮素利用率和氮素损失

氮肥施用对提高水稻产量具有至关重要的作用。但是过量施氮不仅不能增产，反而造成资源浪费、肥料利用率降低，并对环境造成危害。

在中国湖北省开展的田间试验研究了氮肥用量对氮肥利用率和表观氮素损失的影响。试验设 7 个氮肥用量，分别为 0、3、6、9、12、15 和 18 公斤 N / 亩，在水稻移栽前、分蘖期和孕穗期分别施用 40%、30% 和 30% 的氮肥，并于收获后测其籽粒产量、农学效率和表观氮素损失。



结果显示，籽粒产量随施氮量增加而增加，在施氮量 12 公斤 / 亩时产量达到最高，继续增加施氮量产量逐渐降低（图 1）。农学效率是指单位施氮量所增加的籽粒产量。施氮量较低时，籽粒产量随施氮量增加而显著增加，表现出较高的农学效率，但当施氮量继续增加时，农学效率就会降低，施氮量最高时，农学效率最低。

表观氮素损失是氮输入量与氮素输出量差值，作为氮素损失到环境中的近似估算值。氮输入量包括植物生长季的施氮量、土壤初始矿质氮和土壤氮素净矿化量。土壤氮素净矿化量由不施氮小区地上部氮吸收量与土壤残留的氮素矿化量之和，减去不施氮小区的土壤初始矿质氮计算得到。氮输出量包括收获后作物携走的氮素和土壤残留的矿化氮。表观氮素损失随施氮量的增加而增加。施肥量在 12 公斤 N / 亩时，不仅获得最高的籽粒产量，而且有相对较高的农学效率和相对较低的氮素表观损失，表明最佳施氮量（12 公斤 N / 亩）能平衡高产、农学效率和氮素表观损失，避免过量施氮对环境造成的潜在威胁。

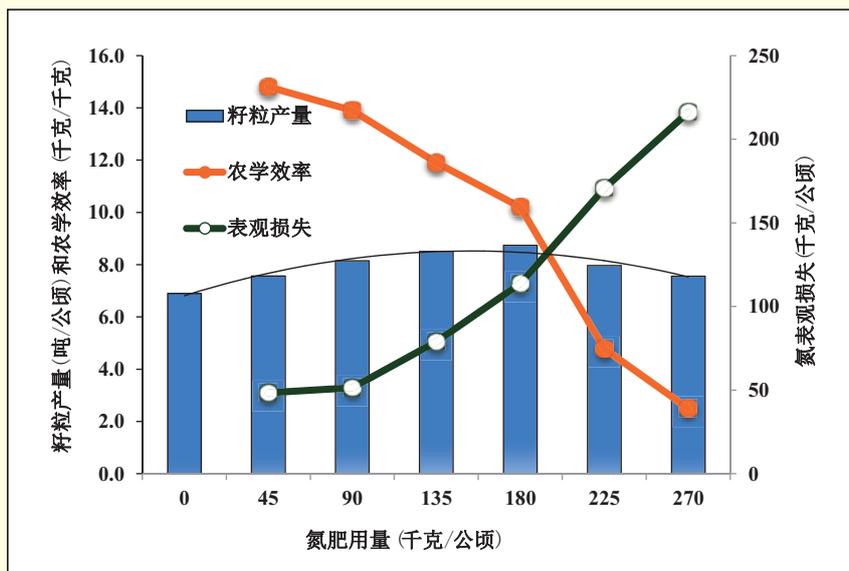


图 1 氮肥用量对湖北水稻籽粒产量、氮的农学效率和表观氮损失的影响

资料来源：张秀芝，等．植物营养与肥料学报，2011，17(4):782-788.

示例 7 采后肥比例对妃子笑和桂味荔枝品种产量与种植效益的影响

荔枝是华南地区（广东、广西、海南和福建等）的主要热带水果之一，是荔枝主产区农民增收的主要来源。明确和提出荔枝最佳养分管理技术，能有效提高荔枝产量和品质，增加果农收入。为此，从事热带果树研究的植物营养学家们先后开展了对肥料种类、用量、施用时间和施用方法的研究，展示了最佳养分管理对提高荔枝产量和品质的效果。表 1 表明在相同施肥总量的前提下，通过调整两个主栽荔枝品种“桂味”和“妃子笑”果实采后肥料用量比例对产量和效益的影响。结果表明：在三种采后肥比例中，“桂味”和“妃子笑”荔枝采后肥施用量为全年施肥量 45%处理的产量最高，效益也最好。与该施肥比例相比，采后肥施用量降低或提高均不同程度减产减收。因此，在施肥量和投入成本相同时，调节适当的荔枝采后肥施用比例能提高荔枝产量，增加收入。

荔枝品种	采后肥比例 (%)	荔枝产量	增产	产值	成本	利润
		(公斤/亩)			(元/亩)	
妃子笑	30	286	--	2517	1596	920
	45	344	58	3509	1596	1909
	60	257	-29	2848	1596	1252
桂味	30	157	--	1148	484	664
	45	219	62	1205	484	721
	60	178	21	900	484	415

资料来源：李国良，等．肥料运筹对荔枝生长、品质及产量的影响．热带作物学报，2011，32(1):15-20.

示例 8 甘蔗生的施肥时间及用量比例

甘蔗是我国主要的糖料作物，其面积占我国常年糖料面积的 85% 以上，产糖量占食糖总产的 90% 以上。广西是我国甘蔗主产区，甘蔗播种面积占全国的 63%，蔗糖产量约占全国的 70%，是广西 2000 多万农民的主要经济收入来源之一。甘蔗属于多年生作物。春植蔗采收后留桩待翌年春天再发，成为宿根蔗。从春植蔗开始，一般可连续收获三季才重新播种春植蔗。每季甘蔗从种 / 再发到收获需生长 8-10 个月，属于常生育期作物。因此，为了甘蔗的高产优质和肥料高效，必须多次施肥才能达到目的。表 1 是广西农业科学院土壤肥料研究所开展的不同生育期施肥及用量比例对甘蔗产量影响的研究。结果表明，在相同肥料用量的前提下，分次施肥比基肥一次施用能显著提高甘蔗产量。在三个分次施肥处理中，分三个关键生育期施肥比只施两次肥能提高或显著提高甘蔗产量。在两个分两次施肥的处理中，基肥 + 分蘖肥的增产效果优于基肥 + 伸长肥，这是因为分蘖肥有利于促进甘蔗苗期多分蘖，能形成更多有效茎。因此，在甘蔗养分管理中，根据甘蔗需肥关键时期实施多次施肥是甘蔗高产优质的重要保障，也是提高肥料利用率的重要措施之一。

表 1 甘蔗不同生育期施肥及用量比例对广西甘蔗产量的影响

处 理	甘蔗产量 (公斤 / 亩)	比一次施肥增产 (%)	甘蔗产量 (公斤 / 亩)	比一次施肥增产 (%)
基肥一次施用	6867 b	--	6208 c	--
基肥 + 分蘖肥 (3 : 7)	7347 a	6.99	6683 b	7.65
基肥 + 伸长肥 (3 : 7)	7200 a	4.85	6525 b	5.11
基肥 + 分蘖肥 + 伸长肥 (3 : 3 : 4)	7453 a	8.53	6817 a	9.81

资料来源：周柳强，等．甘蔗不同生育期施肥及用量比例对甘蔗产量的影响．2010 年 IPNI 年度总结报告．
(未发表资料)

示例 9 不同施肥时间和分配比例对水稻产量的影响

水稻的氮肥管理是迄今为止研究历史最长、投入精力最多和最具挑战性的题目之一。如何通过合理调节氮肥最佳施用时间和比例来提高水稻产量和品质，节约氮肥用量，吸引了众多植物营养学和水稻栽培学科学家们的兴趣。近年来很多研究结果表明，氮肥后移有利于提高水稻的产量；而另一些研究则认为，传统的施肥方式水稻产量最高；甚至还有报道显示，无论氮肥是否后移都不会明显影响水稻产量。为什么会这样呢？怎么去分析和解释这些相互矛盾的结论呢？徐富贤等（2014）近年来的研究结果为我们揭示和解释这些现象提供了帮助。

他们首先在同一地点开展不同品种的氮肥后移肥效试验（表 1），然后与西南地区其他省份的科研单位在不同地点开展了氮肥后移肥效试验（表 2）。表 1 是 20 个水稻杂交组合对前氮后移（底肥：促花肥：保花肥 = 6 : 2 : 2）和重底早追（底肥：分蘖 = 7 : 3）施肥时间及比例的反应。前 5 个杂交组合代表前氮后移显著增产的水稻品种，后 4 个杂交组合代表前氮后移显著减产的水稻品种，其它杂交组合代表对施肥时间与比例变化的反应差异不显著的品种。在这些反应差异不显著的品种中，Y 两优 973 为最不敏感的品种。这些结果说明，前氮后移是否会增加水稻产量，取决于水稻品种的需氮特性和对氮肥的利用能力。总体来看，试验中有 25% 的水稻品种前氮后移增产 > 5%，有 20% 的品种重底早追增产 > 5%。因此，在生产上是否采用前氮后移措施，要根据具体品种而定。

表 1 不同施肥时间和比例 20 个水稻杂交组合稻谷产量比较

品种	水稻产量 (公斤/亩)			t 值
	前氮后移 (底肥：促花肥：保花 = 6 : 2 : 2)	重底早追 (底肥：分蘖 = 7 : 3)	比重底早追 ± (公斤/亩)	
内 5 优 317	644.73 a	577.64 def	67.09	21.34**
蓉 18 优 447	645.41 a	591.73 cdef	53.67	11.73**
川谷优 7329	646.41 a	604.81 bcd	41.60	8.67*
德香优 4103	597.10 bcde	562.89 f	34.22	8.75*
内 5 优 306	634.67 ab	600.46 bcde	34.22	8.75*
蓉优 22	621.92 abc	593.08 cdef	28.85	2.08
F 优 498	590.39 cde	563.56 f	26.84	3.28
蓉优 1808	614.54 abcde	589.05 def	25.49	3.70
宜香优 800	617.23 abcd	595.09 bcdef	22.14	2.86
乐优 198	595.76 bcde	574.29 def	21.47	3.57
川优 6203	532.02 gh	519.28 g	12.75	1.28
冈优 725	599.78 bcde	591.73 cdef	8.05	0.96
Y 两优 973	625.95 abc	626.62 bc	- 0.67	- 0.02
冈比优 99	572.28 ef	584.35 def	- 12.08	- 1.08
渝香优 203	548.8 fg	565.57 ef	- 16.77	- 2.82
川农优华占	577.64 def	595.76 bcdef	- 18.11	- 1.51
花香优 1	628.63 abc	660.17 a	- 31.53	- 15.24*
金冈优 983	607.16 bcde	640.04 b	- 32.88	- 8.37*
炳优 900	486.40 h	521.29 g	- 34.89	- 6.44*
冈优 169	589.05 bcde	627.96 bc	- 38.91	- 7.79*

注：表中同一栏平均值后字母相同时表示不同品种间差异不显著 (p<0.05)。资料来源：徐富贤，等. 冬水田杂交中稻品种适应氮肥后移的筛选指标. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(6):1329-1337。

在不同地点和不同年份，不同氮肥用量与分配比例对水稻产量的影响各不相同（表 2）。2011 年，不同氮肥用量与分配比例对重庆永川和四川泸县水稻产量的影响没有显著差异，虽然在重庆永川底肥 + 追肥的传统施肥方式在不同氮肥用量下都最高。云南文山两种氮肥后移比例的施肥方式在不同氮肥用量下都高于传统施肥。在贵州贵阳和四川绵阳两地，不同氮肥配比对水稻产量的影响没有规律可循。

2012 年，在重庆永川不同氮肥用量与分配比例对水稻产量仍然没有明显影响，而在其余 5 个地方影响显著。在云南文山氮肥分配比例为 8 : 0 : 2 的水稻产量高于其他处理，在贵州贵阳氮肥分配比例为 6 : 0 : 4 的水稻产量高于其他处理，在四川绵阳和四川广汉各处理的影响没有明显规律可循，在四川泸县氮肥分配比例为 7 : 0 : 3 的水稻产量略高于其他处理。与作者间的深入讨论后发现，水稻对氮肥后移是否有效，除品种特性外，还取决于土壤肥力水平。在土壤质地较重、基础肥力较高的情况下，氮肥后移通常没有明显效果。只有在基础肥力较差或质地较轻的土壤上，氮肥后移才可能产生显著增产效果。

表 2 同一试验点上不同氮肥施用量和氮肥分配比例对水稻产量的影响

施氮量 (公斤/亩)	施氮比例 B:T:P*	籽粒产量(公斤/亩)					
		重庆永川	云南文山	贵州贵阳	四川绵阳	四川泸县	四川广汉
2011 年							
7	7:3:0	614.62 a	529.02 b	715.00 de	509.07 d	633.61 a	---
	6:0:4	592.27 a	535.75 ab	717.50 de	500.73 d	650.22 a	---
	5:0:5	589.88 a	596.00 a	694.17 e	511.37 d	647.91 a	---
10	7:3:0	610.63 a	514.18 b	750.84 bc	540.13 bc	638.22 a	---
	6:0:4	599.53 a	582.00 a	755.00 bc	543.17 abc	640.07 a	---
	5:0:5	599.46 a	600.82 a	730.84 cd	531.80 c	640.68 a	---
13	7:3:0	628.19 a	526.71 b	821.67 a	562.13 a	642.37 a	---
	6:0:4	620.21 a	556.26 ab	811.67 a	559.83 ab	636.07 a	---
	5:0:5	603.45 a	566.67 ab	780.00 b	556.03 ab	641.91 a	---
2012 年							
7	7:3:0	616.43 a	396.79 c	604.23 bc	604.90 d	563.86 abc	481.72 i
	6:0:4	598.88 a	436.55 ab	635.21 bc	611.73 cd	581.85 ab	546.46 g
	8:0:2	598.09 a	440.02 a	626.01 ab	601.97 d	566.77 abc	581.36 f
	7:0:3	622.01 a	421.60 b	617.77 bc	616.67 bcd	587.38 a	565.87 f
10	7:3:0	598.09 a	430.18 a	625.60 bc	636.27 abc	542.97 bcd	530.59 h
	6:0:4	594.90 a	445.75 a	673.36 a	662.77 a	546.06 bcd	629.73 cd
	8:0:2	614.83 a	438.86 a	663.84 ab	660.80 a	569.93 abc	618.54 cd
	7:0:3	591.71 a	424.44 b	643.56 ab	648.03 ab	581.50 ab	655.21 a
13	7:3:0	594.90 a	414.97 c	641.02 ab	658.8 a	529.54 cd	607.33 e
	6:0:4	617.22 a	436.48 b	668.11 ab	636.27 abc	522.97 d	648.8 ab
	8:0:2	581.34 a	455.67 a	651.85 ab	647.07 ab	518.62 d	636.58 bc
	7:0:3	603.83 a	416.34 c	583.72 c	638.23 abc	542.3 bcd	623.17 cde

* 底肥 : 分蘖肥 : 穗肥。

资料来源：徐富贤，熊洪，张林，等．西南地区氮肥后移对杂交中稻产量及构成因素的影响．植物营养与肥料学报，2014，20(1):29-36.

示例 10 分次施氮肥提高了冬小麦籽粒产量和氮素利用率

氮素营养对于我国华北冬小麦产量至关重要。田间试验研究了氮肥不同基 / 追比对小麦籽粒产量、氮素吸收和利用率的影响。基肥是在播种时施入，而追肥在播种 150 天后施入。下面的表格显示了氮肥施用增加了籽粒产量 20% - 35%，与一次性施肥相比，氮肥分次施用增加了 10% - 20% 的产量。氮肥分次施用也使氮素吸收增加了 2% - 7%，氮素回收率增加了 9% - 25%。最佳的氮肥分次施用是基施 4 公斤 N / 亩和追施 12 公斤 N / 亩。这一研究结果表明了正确的氮肥施用时间对提高产量和氮素利用率的重要性。

处理 (公斤 N/ 亩)	籽粒产量 (公斤 / 亩)	氮素吸收 (公斤 / 亩)	氮素回收率 (%)
0 N	360	8	--
16 N (0/16)	433	11.3	19
16 N (4/12)	487	12.1	24
16 N (8/8)	480	11.6	21

资料来源：赵士诚等. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3):517-525.

示例 11 钾肥分次施用提高棉花皮棉产量和经济效益

棉花比其他大田作物需要吸收更多的钾。钾能提高棉花植株光和速率、碳水化合物代谢、氮代谢和抗黄萎病的能力。因此，施钾对棉花产量和品质的提高具有重要作用。研究表明，棉花吸钾高峰期在花铃期，49%–73%的钾在开花后积累，表明后期充足的钾素供应对棉花钾素营养具有重要影响。一般来讲，农民习惯把钾肥一次性作为基肥施用，与棉花对钾的需求不同步。

2012–2013年IPNI在河北、河南、新疆进行钾肥施用时期试验，设4个处理：(1)对照不施钾，(2)100%钾肥播前基施，(3)50%的钾肥基施+50%的钾肥开花期施，(4)50%的钾肥蕾期施+50%的钾肥铃期施。两年平均结果表明，钾肥分次施用比一次性基肥施用的产量和经济效益都增加，最佳施钾时期是50%的钾肥蕾期施、50%的钾肥铃期施，比100%钾肥基施提高皮棉产量5%–33%，增加收益141–657元/亩（表1）。这种施肥比例可能会根据土壤钾素水平进行调整，但有一点可以肯定，那就是棉花生长中期施用部分钾肥对皮棉产量和效益的提高是必不可少的。

表1 钾肥施用时期对棉花产量和经济效益的影响(2012–2013)

处 理	皮棉产量(公斤/亩)			施肥效益(元/亩)		
	河北	河南	新疆	河北	河南	新疆
对照	93b	58d	93c			
100% 钾肥基施	98a	66c	108b	100	160	425
50% 钾肥基施 + 50% 钾肥开花期施	99a	79b	109b	130	550	455
50% 钾肥蕾期施 + 50% 钾肥铃期施	103a	88a	114a	250	820	605

肥料用量河北、河南、新疆分别为15–3–10、16–9–16、16–10–5公斤N–P₂O₅–K₂O/亩。价格：N = 4.5元/公斤，P₂O₅ = 5.0元/公斤，K₂O = 5.0元/公斤，皮棉 = 30元/公斤。同一列中数据后不同字母表示差异达5%显著水平。

资料来源：IPNI未发表数据，由IPNI北京办事处李书田提供。

示例 12 早期施氮对中国海南木薯生产的重要性

本田间试验的目的是研究中国南方地区氮肥施用时间对木薯产量的影响。供试土壤 pH 为 5.3，有机质含量 7 克 / 公斤，全氮 0.03%，有效磷 21 毫克 / 公斤，速效钾 97 毫克 / 公斤，土壤肥力偏低。试验结果表明，施氮时间对木薯生长、单株块茎数和块茎产量影响非常显著（表 1）。所有农艺性状数据都随着施氮时间的延迟而下降。即施肥时间越晚，木薯生长速度越慢，块茎产量也越低。在施基肥 3 公斤 P_2O_5 / 亩和 12 公斤 K_2O / 亩的基础上，在播种后 30 天和 60 天分两次施用或在播种后 30 天、60 天、90 天和 130 天后分四次施用 6 公斤 N / 亩，木薯产量与在播种后 30 天一次施用 6 公斤 N / 亩的相同。在木薯生长后期（90 天和 130 天）施用氮肥，块茎产量显著下降。结果表明，在木薯生长早期（本试验为 30 天）施用氮肥，哪怕是少量的速效氮，对木薯的生长和高产非常关键，特别是在中低肥力土壤条件下。

表 1 氮肥施用时间对中国海南木薯生长和块茎产量的影响

播种后天数（施肥次数）	植株高度（厘米）	块茎数（个 / 株）	产量（公斤 / 亩）
30（1 次）	214 a	11.8	1813 a
60（2 次）	191 b	9.0	1653 b
90（1 次）	189 b	8.5	1613 b
130（1 次）	163 bc	7.9	1467 b
30 和 60（2 次）	195 ab	11.1	1833 a
90 和 130（2 次）	170 b	9.7	1580 b
30、60、90 和 130（4 次）	185 b	10.2	1833 a
CK（不施 N 肥）	138 d	8.5	967 c

标注相同字母表示差异不显著（ $p < 0.05$ ）。

资料来源：张伟特．不同时间施肥对木薯生长及产量的影响．热带作物研究，1990，1:49-53.

示例 13 不同施肥方式对香蕉生长和产量的影响

香蕉是生育期长、需肥量大、生物产量和经济产量高的多年生热带水果之一。要获得香蕉的高产优质，不仅需要正确的肥料品种、正确的肥料用量、正确的施用时间，还需要正确的施用方法。为了探索香蕉的正确施肥方式，李国良等人在施用正确氮磷钾肥品种、用量和时间的条件下，研究了四种不同施肥方式对香蕉生长和产量的影响。

这四种施肥方式分别为 (1) 生长全期撒施肥料后浇水 (全撒); (2) 生长前期撒施, 中、后期沟施或穴施肥料 (前撒后沟穴); (3) 生长前期施用水肥 (氮磷钾肥水溶液), 中、后期撒施肥料 (前水后撒) 和 (4) 生长前期施用水肥, 中、后期沟施或穴施 (前水后沟穴)。各处理全年氮磷钾养分施用量相同 (37.1 公斤 N/亩, 11.9 公斤 P_2O_5 /亩和 42.1 公斤 K_2O /亩), 肥料分 9 次施用 (前期 4 次, 中期 3 次, 后期 2 次)。不同施肥方式在香蕉生长期间的肥料分配为: 全生长期撒施与前期撒施, 中、后期沟施或穴施处理生育前期氮肥施用量占总施肥量的 18%, 钾肥占 11%; 生育中期氮肥占总施肥量的 55%, 钾肥占 59%; 生育后期氮肥占总施肥量的 27%, 钾肥占 30%。两个前期水肥处理生育前期氮肥施用量占总施肥量的 13%, 钾肥占 8%; 生育中期氮肥占总施肥量的 58%, 钾肥占 60%; 生育后期氮肥占总施肥量的 29%, 钾肥占 32%。磷肥分前、中、后期各占 1/3 用量比例施用。

四种不同施肥方式对香蕉生产、产量、品质和效益有明显影响。在营养生长期, 全生育期撒施处理和前期撒施、中后期沟施或穴施处理由于前期氮钾肥施用量比两个水肥处理稍多, 长势比水肥处理好, 表现为植株稍高和茎围稍粗。至孕蕾期, 前撒后沟穴处理香蕉株高最高, 显著高于前水后撒处理。茎围则以全撒处理最粗, 显著大于前水后沟穴处理, 但与前撒后沟穴和前水后撒处理差别不大。至抽蕾期, 各处理间株高和茎围差异缩小。虽然不同施肥方式抽蕾率差异未达显著水平, 但全撒和前撒后沟穴处理香蕉抽蕾率明显高于 2 个前期水肥处理, 表明前期施用水肥比前期撒施更能促进香蕉在抽蕾期长高增粗, 前期养分相对较低的处理会延缓香蕉抽蕾 (表 1)。前期水肥, 中、后期沟施或穴施施肥方式能提高果梳重和果指数, 改善香蕉果实品质, 提高果实风味, 增产效果好。但该方法施肥成本较高, 利润偏低; 且中后期开沟或穴施肥容易伤根, 在香蕉枯萎病病区的感病风险相对较大。全生育期撒施后浇水的处理香蕉产量较高, 由于施肥简便、成本低, 经济效益最高。

表 1 不同施肥方式对香蕉不同生育期生长的影响

处理	营养生长期		孕蕾期		抽蕾期		
	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	抽蕾率 (%)
全撒	136.7a	35.8a	217.2ab	54.6a	252.8a	62.9a	36.7a
前撒后沟穴	137.7a	35.8a	218.7a	53.5ab	250.2a	61.0a	40.0a
前水后撒	136.5a	35.1a	212.4b	54.1ab	249.9a	62.1a	26.7a
前水后沟穴	132.6a	34.5a	217.3ab	52.9b	251.1a	61.6a	20.0a

表 2 不同施肥方式对香蕉产量、品质和经济效益的影响

处理	产量 (公斤/亩)	可溶性 固形物	VC (%)	可溶 性糖	产值	成本	利润
全撒	3323a	21.7a	9.08a	16.74a	6646	3224	3422
前撒后沟穴	3250a	22.7a	9.52a	17.28a	6500	3504	2996
前水后撒	3258a	22.5a	8.75a	17.20a	6517	3344	3173
前水后沟穴	3381a	22.0a	9.30a	18.12a	6762	3644	3118

资料来源: 李国良, 姚丽贤, 张育灿, 等. 不同施肥方式对香蕉生长和产量的影响. 中国农学通报, 2011, 27(6):188-192.