

鸡粪和奶牛粪对小麦和油菜光合特性的影响

王林权¹ 周春菊² 郑险峰¹ 李和生¹ 赵伯善¹ 康靖全²

(1 西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨凌 712100)

(2 西北农业大学实验中心, 陕西杨凌 712100)

摘 要 通过盆栽试验研究鸡粪和奶牛粪对小麦和油菜光合速率及蒸腾速率的影响。结果表明: 鸡粪和奶牛粪对小麦叶片的光合速率的影响, 因小麦生育时期的不同而异。苗期和孕穗期单叶光合速率提高; 而其余生长期, 施肥效果不明显。鸡粪处理(75 t/hm^2)可提高小麦水分利用系数 $9.8\% \sim 81.3\%$; 而奶牛粪肥, 在孕穗前增加小麦水分利用效率 $9.4\% \sim 50\%$, 而后则有降低水分效率之趋势。两种粪肥均可提高油菜的单叶光合速率, 各种肥料的效果因生育期和施肥量的不同而有差异。越冬前各施肥处理均增加了油菜的蒸腾速率, 降低水分效率 $1.5\% \sim 22.2\%$; 越冬后, 奶牛粪肥处理提高了蒸腾速率, 而鸡粪则降低了油菜的蒸腾作用, 各施肥处理均可提高油菜的水分效率, 鸡粪为 $4.3\% \sim 271\%$, 奶牛粪为 $1.9\% \sim 83.9\%$ 。

关键词 鸡粪, 奶牛粪, 小麦, 油菜, 光合速率, 蒸腾速率, 水分利用系数**中图分类号** S158.3

光合作用是自然界最重要的物质及能量转化过程。在农业生产中, 农作物的光合效率是决定作物产量和品质的主要因素之一。因此, 国内外对植物光合作用的研究较多^[1~5]。但是关于有机肥与作物光合作用关系的研究则较少^[6,7], 更缺乏系统性的机理探讨。随着养殖业的发展, 畜禽粪肥数量越来越多。这些物质使用得当, 可变废为宝; 处理不当就会引起环境问题。本文主要研究鸡粪与奶牛粪对小麦、油菜不同生育阶段的光合作用特征及水分利用效率的影响, 探索其营养机理, 为畜禽粪肥的合理施用和发展可持续农业提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤为塋土, 采自西北农业大学农一站, 鸡粪采自西北农业大学种鸡场, 奶牛粪采自西北农业大学奶牛场, 其养分含量见表1。供试小麦为“千斤早”, 油菜为“秦油二号”。

表1 供试材料的N、P、K养分含量 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

供试材料	养分全量			速效养分			含水量
	N	P	K	N	P	K	
塋土	1.2	1.1	17.1	0.09	0.003	0.127	—
鸡粪(J)	9.6	12.28	—	8.96	0.46	12.3	715.0
奶牛粪(C)	9.7	8.09	—	2.25	0.2	8.22	755.6

收稿日期 1997-04-28

课题来源 国家自然科学基金资助项目

作者简介 王林权, 男, 1964年生, 讲师, 硕士

1.2 研究方法

本研究采用土培试验,方案见表 2。

表 2 土培试验施肥方案

处理	大盆 (g)	小盆 (g)	相当于大田施肥量 (t/hm ²)
CK	不施肥	不施肥	不施肥
NP	N 6.0+P 10.0	N 2.4+P 4.0	N 1.35+P 2.25
C ₁	335	134	75
C ₂	670	268	150
J ₁	335	134	75
J ₂	670	268	150

注: N、P 处理中 N 为 NH₄Cl, P 为质量分数为 10% 的 Ca(H₂PO₄)₂。

将肥料样品与土壤充分混匀。每个处理重复 10 次,大盆装土 10 kg,小盆装土 4 kg,各重复 5 次。小麦、油菜共计为 120 盆。1995 年 10 月 31 日播种,大盆播 20 粒,小盆播 15 粒。1996 年 3 月 27 日定苗,小麦每盆留苗 5 株,油菜每盆留 2 株。

1.3 测定方法

植物光合作用和蒸腾作用用 LI-6200 型便携式光合作用测定系统测定。在作物的不同生育时期,选取植株地上部完全展开叶活体测定,小麦抽穗前和油菜盛花期以前,每处理重复 10 次,以后各生育期,每处理重复 5 次。除了 4 月 19 日的测定在下午进行外,其余测定均在早晨进行。

2 结果与分析

2.1 鸡粪和奶牛粪对小麦光合作用的影响

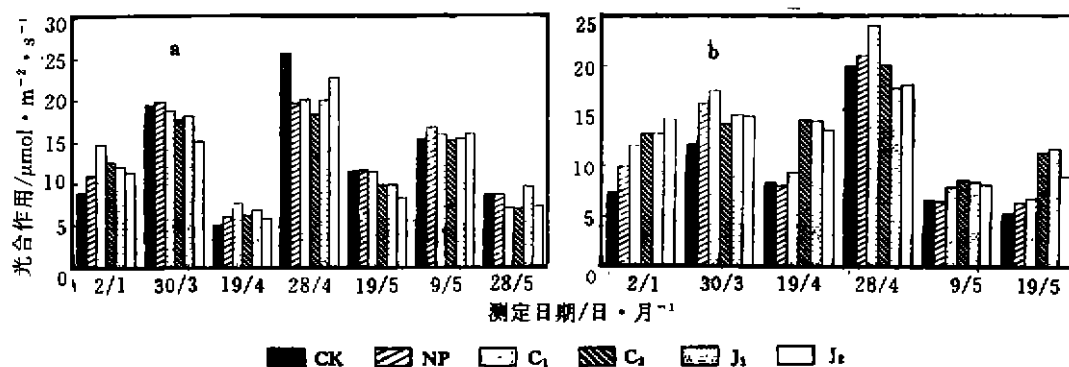


图 1 鸡粪和奶牛粪对小麦、油菜光合速率的影响

a. 小麦; b. 油菜

鸡粪和奶牛粪对小麦、油菜光合速率(用 CO₂ 的摩尔数表示)的影响结果见图 1, 2。由图 1(a)可以看出,各施肥处理对小麦不同阶段的光合速率的影响不同。冬前,不论是化肥处理,还是粪肥处理的小麦光合作用均比 CK 的高,这与陈学留等^[7]的报道基本一致;但越冬后,除了孕穗期外,各施肥处理的光合速率与 CK 处理相当或低于 CK 处理,特别是

抽穗期,施肥处理的光合速率较对照低11%~30%,显然与陈的结果不同。不同肥料处理的光合速率也不相同。在小麦的苗期至孕穗期,奶牛粪肥的效果优于鸡粪,而到了生育后期,二者差异不大。

由图1(b)可得,施肥可显著提高油菜的光合速率,但各种肥料在不同生育阶段的作用大小不同。化肥处理在油菜的生育前期,可明显提高油菜的光合速率,而到了开花以后,其效果大大降低,甚至消失。奶牛粪肥在整个生育期均有显著的效果;而鸡粪处理,除了盛花期外,其它时期效果显著。畜禽粪肥的用量对光合作用的效果因生育期的不同而异。

2.2 鸡粪和奶牛粪对小麦和油菜蒸腾作用的影响

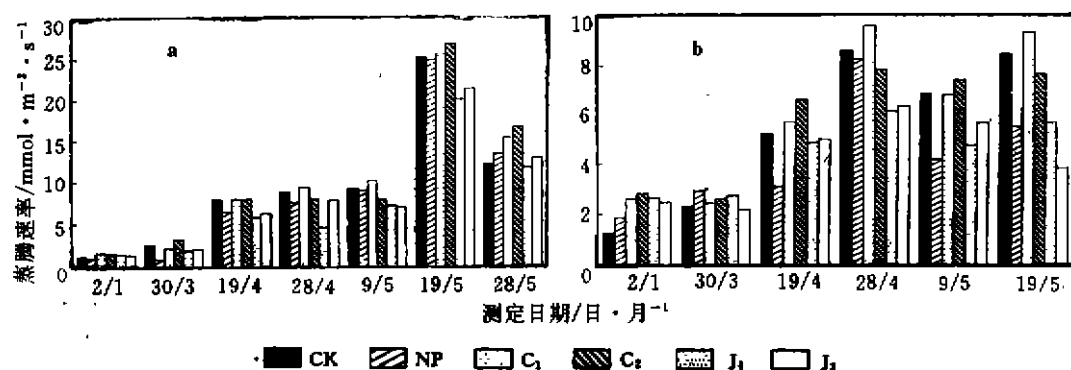


图2 鸡粪和奶牛粪对小麦、油菜蒸腾速率的影响

a. 小麦; b. 油菜

其测定结果见图2。由图2(a)可以看出,除了成熟期外,施用N、P化肥可降低小麦的蒸腾作用;施用奶牛粪肥对小麦的蒸腾作用影响较小,除了后期蒸腾速率上升外,其它时期与CK处理相当或略有下降;而施用鸡粪的小麦蒸腾作用有下降趋势,特别在生育中期作用明显。

由图2(b)可得,在越冬前,施肥处理可显著提高油菜的蒸腾速率,特别是鸡粪和奶牛粪。而在油菜生育的中后期,N、P肥处理和鸡粪处理显著地降低了油菜的蒸腾速率,而奶牛粪肥处理,有增大蒸腾速率的趋势。

2.3 鸡粪和奶牛粪对作物水分利用效率的影响

用作物每蒸腾1 mol H₂O水所能固定的CO₂的mmol量,表示单位耗水量的干物质生产量,称作水分利用系数。结果见表3和表4。

由表2可知,小麦苗期水分利用率高,而生长后期,水分利用效率下降。在小麦的苗期—孕穗期,多数施肥处理可提高小麦的水分利用效率,三种肥料的效果趋势依次是N、P肥处理的效果最好,鸡粪次之,奶牛粪最少。而到了小麦生长的后半期,各种肥料的效果差异很大,N、P处理与CK相当,C₁、C₂处理的水分利用效率明显降低,而J₁处理明显提高了小麦的水分利用率。

表 3 鸡粪和奶牛粪与小麦水分利用效率的关系

mmol · mol⁻¹

各生育期 测定日期 (日/月)	处 理					
	CK	NP	C ₁	C ₂	J ₁	J ₂
冬前 2/1	6.93(100)	9.53(137.5)	8.66(125.0)	7.94(114.6)	7.95(114.7)	8.04(116)
返青-拔节 30/3	7.63(100)	20.69(272.1)	8.35(109.4)	5.49(72.0)	9.49(124.4)	7.83(102.6)
孕穗 19/4	0.64(100)	0.94(146.9)	0.96(150.0)	0.78(121.9)	1.16(181.3)	0.91(142.2)
抽穗 28/4	2.90(100)	2.54(87.6)	2.14(73.8)	2.32(80.0)	4.35(150.0)	2.88(99.3)
扬花 9/5	1.23(100)	1.28(104.1)	1.11(90.2)	1.23(100)	1.35(109.8)	1.16(94.3)
灌浆 19/5	0.60(100)	0.66(110)	0.62(103.3)	0.56(93.3)	0.76(126.7)	0.74(123.3)
灌浆-成熟 28/5	0.70(100)	0.63(90.0)	0.45(64.3)	0.42(60.0)	0.80(114.3)	0.56(80.0)

注:括号内的数字,为水分利用效率的相对量(下同)。

表 4 鸡粪和奶牛粪与油菜水分利用效率之关系

mmol · mol⁻¹

各发育期 测定日期 (日/月)	处 理					
	CK	NP	C ₁	C ₂	J ₁	J ₂
冬前 2/1	5.99(100)	5.34(89.1)	4.66(77.8)	4.70(78.5)	5.03(84)	5.90(98.5)
抽苔 30/3	5.34(100)	5.57(105.1)	7.20(135.8)	5.46(103.0)	5.53(104.3)	6.93(130.8)
初花 19/4	1.59(100)	2.58(162.8)	1.62(101.9)	2.20(138.4)	2.94(184.9)	2.70(169.8)
盛花 28/4	2.31(100)	2.54(110.0)	2.49(107.8)	2.57(111.3)	2.88(124.7)	2.86(119.2)
荚期 9/5	0.96(100)	1.54(160.4)	1.16(120.8)	1.16(120.8)	1.76(183.3)	1.42(147.9)
盛熟期 19/5	0.62(100)	1.14(183.9)	0.72(116.1)	1.48(238.7)	2.04(329.0)	2.30(371.0)

由表 4 可以看出,与小麦类似,随着油菜的生长发育,其水分利用效率降低。但各施肥处理对油菜的水分利用效率的影响不同。冬前的幼苗期,施肥处理的水分利用系数均低于 CK。其中奶牛粪肥处理的降低最多。而越冬后,各施肥处理的水分利用系数均较对照提高。鸡粪的效果优于奶牛粪和 N、P 肥处理。

3 讨 论

3.1 施肥与小麦的光合作用

影响植物光合作用的因素很多,如光照、温度、湿度、CO₂ 浓度、水分及养分供应等环境因素^[1]。严慧峻等^[6]在盐渍生态环境下研究表明,成熟期小麦的旗叶与倒二叶的光合速率因肥料的种类、配比、施肥量的不同而有差异,麦秸、牛粪与适量的 N、P 肥配施可提高小麦叶片的光合效率。本试验采用盆栽试验研究,施肥以外的环境条件的变化基本一致,引起小麦光合速率变化的主要因素是养分供应及由此引起的小麦生长发育本身的差异。

越冬前,植株小,群体效应不大,而影响光合作用的主要因素是植株本身的发育状况。各施肥处理的小麦营养状况好发育快,光合效率明显提高,这有利于小麦的分蘖。而到了返青-拔节期,各处理的分蘖与植株大小出现明显差异,鸡粪和奶牛粪处理的单株分叶达 7.84 和 6.52 个,N、P 和 CK 分别为 5.96 和 2.08。群体效应超过了个体发育的差异,使得鸡粪和奶牛粪处理的单株叶片光合效率下降。3 月 27 日定苗后,群体效应降低,因此孕穗期各处理的效应又趋于明显。此后,随着抽穗期的到来,株高和叶片数增加,各施肥处理的群体再次增大,造成了抽穗-扬花期,单叶光合效应下降。到了灌浆期,随着无效分叶的大量死亡,小麦群体降低,各处理的单叶光合效率趋于回升,小麦生长过程中的群体效应见

表5. 尽管在生育后期,施肥处理的单叶光合效率没有提高,甚至降低,但由于群体大,总叶片多,施肥处理的总光合效率是增加的,产量提高。这可由陈学留等^[7]用核示踪技术所得研究结果得到证实,圈粪及圈粪与N肥配施均可提高返青、拔节、扬花等生育期整株小麦的CO₂同化量。除此之外,植株的营养状况及生理代谢活动也影响光合作用,这需进一步研究。

表5 小麦生长过程中的群体动态变化

个/盆

处理	总分蘖		定苗后	有效穗数	处理	总分蘖		定苗后	有效穗数
	冬前	春季				冬前	春季		
CK	18.8	20.8	10.4	5.8	C ₁	62.8	76.4	38.2	13.2
NP	43.2	59.6	29.8	13.0	J ₁	67.8	78.4	39.2	11.2
C ₁	56.4	65.2	32.6	11.0	J ₂	72.6	80.0	40.0	15.2

3.2 施肥与油菜的光合作用

油菜不分蘖,群体效应不明显,因此影响光合速率的主要因素是营养状况和叶面积大小等因素。各施肥均可显著提高油菜的光合速率特别是在生育前期和后期。生育中期,油菜枝叶茂盛,表现了一定的群体效应(盛花期),施肥较多的C₂处理和鸡粪处理,单叶光合速率降低。鸡粪和奶牛粪的效果差异很大,这可能是由于二者的供氮量不同,引起了叶片发育的差异。在冬前,二者的叶片大小差异不大,营养状况决定了光合作用的大小,鸡粪的供肥性强,效果优于奶牛粪肥;越冬后,奶牛粪肥的供氮不足,叶片变小,为了满足生长需要,只有提高单位叶面积上的光合效率,因此抽苔至荚期奶牛粪肥处理的光合速率高于其它处理,到了成熟期,奶牛粪肥处理的叶片早衰,光合效率降低。

3.3 施肥与小麦及油菜蒸腾作用及水分利用效率

蒸腾作用是植物通过气孔散失水分的过程。Cowan^[8]认为气孔阻力主要限制蒸腾作用,在本次试验中,油菜的气孔阻力远远低于小麦,所以油菜的蒸腾作用明显高于小麦,同样条件下,小麦就比油菜的水分利用率高,耐旱。鸡粪和奶牛粪肥相比,鸡粪处理的气孔阻力大于奶牛粪肥处理,因此鸡粪处理的蒸腾作用普遍低于奶牛粪肥处理。Farquhar^[9]认为不论是C₃植物,还是C₄植物,不论它们是否处于胁迫条件下,气孔限制因子对光合作用影响是微小的,主要是控制水分损失。从消耗单位水分所固定的CO₂量来看,生育前期,小麦优于油菜,而生育后期油菜优于小麦。对小麦来说,J₁的效果最好,N、P次之,奶牛粪肥较差。对于油菜来说,鸡粪优于奶牛粪和N、P肥处理。这进一步证实了气孔因子对光合作用和蒸腾作用的影响是不一致的。

参考文献

- [日]户刘义次主编:薛德榕译.作物的光合作用与物质生产.北京:科学出版社,1979
- 郑国生,邹琦.不同天气条件下田间大豆光合作用日变化的研究.中国农业科学,1993,26(1):44~50
- 番学标,邓绍华,蒋国柱.不同叶位棉叶气体交换特性的研究.植物生理学通讯,1988(1):22~25
- Berry J A, Downton W J S. Environmental regulation of photosynthesis. In: Govindjee ed. Photosynthesis. New York: Academic, 1982, 2: 262~343
- Perrg S W, Krieg D R, Hutmachtr R B. Photosynthetic rate control in cotton, Plant Physiol., 1983, 73: 662~665

- 6 严慧峻,刘继芳,张 锐等.盐渍生态环境下肥料对小麦的光合性质和品质的影响.土壤肥料,1996(1):30~33
- 7 陈学留,王志芬,余美炎等.有机肥与无机肥对高产小麦光合产物运转分配及对磷吸收利用影响.土壤肥料,1993(5):8~11
- 8 Cowan I R. Stomatal behavior and environment. Adv. Bot. Res. 1977(4):117~228
- 9 Farquhar G D. Stomatal conductance and photosynthesis. Ann. Rev. Plant physiol. 1982(33):317~345

The Effect of Hen Faeces and Cow Manure on Wheat and Rape Photosynthesis Character

Wang Linquan¹ Zhou Chunju² Zheng Xianfeng¹ Li Hesheng¹
Zhao Boshan¹ Kang Jingquan²

(1 Department of Resources and Environmental Science, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

(2 Experimental Centre, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract In this paper, the effect of dung on the photosynthesis and transpiration of wheat and rape by pot trial was studied. The result indicated that layer faeces and cow manure diversely affected the photosynthesis of wheat in different stages of growth. In seedling and boot stages, they could raise photosynthesis rate, but lower the rate in middle and later stages of growth. Two kinds of dung had little effect on the rate of wheat transpiration. Only in the later stage cow manure increased transpiration, and hen faeces reduced the transpiration. The dung had diverse effect on water use efficiency (WUE) of wheat. Hen faeces could increase WUE in all growth phases, while cow manure increased WUE before boot stage too, but lowered WUE in later stage. The two kinds of dung could increase the photosynthesis rate per rape leaf area, so cow manure was preferable to hen faeces. Before winter, all treatment raised rape transpiration rate, but after winter cow manure raised the transpiration rate and hen faeces reduced the transpiration rate. The WUE of rape treated was inferior to that of control before winter, and reversed after winter. The effect of hen faeces was preferable to other treatments.

Key words hen faeces, cow manure, wheat, rape, photosynthesis, transpiration, WUE