

秸秆还田的生化他感效应研究初报

杨思存,霍琳,王建成

(甘肃省农业科学院土壤肥料研究所,兰州 730070)

摘要: 盆栽试验结果表明:蚕豆秸秆对小麦和大豆幼苗生长有明显的他感相克作用,使其生物量分别减少 50.4% 和 58.2%;大豆秸秆对小麦幼苗生长有他感相克作用,而对大豆幼苗生长有自感相生作用,使其生物产量增加 19.8%;玉米秸秆对小麦幼苗的相克作用最强,生物产量减产 60.8%,但对大豆幼苗生长的他感和玉米幼苗的自感相生作用显著,生物产量依次增加 18.7% 和 10.3%;小麦秸秆对小麦、玉米和大豆幼苗生长都有相克作用,使其生物量分别减少 50.8%、5.1% 和 24.9%。秸秆对作物的他感效应,随着时间的推移而减弱。施用蚕豆秸秆,既能增大土壤养分贮量,又能提高土壤养分供应水平,玉米秸秆和小麦秸秆培肥土壤的作用居中,施用大豆秸秆虽能增大土壤养分贮量和供氮水平,但提高幅度不大。种植作物对秸秆培肥和供肥作用的发挥都有显著的促进作用。

关键词: 秸秆还田; 生化他感; 生物产量; 有效性养分含量

中图分类号: S141.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-1389(2005)01-0052-05

Allelopathic Effect of Straw Returning

YANG Si-cun, HUO Lin and WANG Jian-cheng

(Institute of Soil and Fertilizer, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract The pot experimental results showed that horsebean stalk had distinct minus-allelopathic effect on the seedling growth of wheat and soybean, it decreased the biological yields for 50.4% and 58.2% apart. Soybean straw had minus-allelopathic effect on the seedling growth of wheat and plus-allelopathic effect on soybean, it decreased the biological yield for 19.8%. The minus-allelopathic effect maize straw to wheat of was the most, it decreased the biological yield for 60.8%. But it had salience plus-allelopathic effect to soybean and maize, their biological yields increased for 18.7% and 10.3% apart. Wheat straw had minus-allelopathic effect on the seedling growth of wheat, maize and soybean all, it decreased the biological yields for 50.8%, 5.1% and 24.9%. Allelopathic effect of straw were weakened along with time processing. Applied straw of horsebean can increase not only the storage capacity, but also improve the providing level of soil nutrient. The cultivating soil effect of maize and wheat straw were in the middle. Though applied straw of soybean can increase the storage capacity of soil nutrient and nitrogen level, but the amplitude were not wide. Planting crops can evidently accelerate the effect of cultivating soil of straw and fertility providing.

Key words Straw returning; Allelopathy; Biological yield; Available nutrient content

生化他感 (Allelopathy)的概念是由奥地利科学家 Molisch 于 1937 年首次提出的,它是指各种类型的植物包括微生物之间的生化相互作用,也

有人称之为异株克生或相生^[1]。关于小麦秸秆生化他感作用的研究,从上个世纪 60 年代开始就没间断过,有人研究了小麦秸秆水提液对棉花、小

收稿日期: 2004-06-14 修回日期: 2004-10-21

基金项目: 院列基金项目“扬黄灌区高效可持续土壤培肥施肥技术与示范”(编号: 2001-3)

作者简介: 杨思存 (1971-),男,甘肃靖远人,助理研究员,主要从事土壤肥料与植物营养研究。联系电话: (0931) 7669407

麦、玉米、杂草等作物发芽、出苗及产量的影响^[2~5],也有人从小麦秸秆浸提液中分离出了丁酸、阿魏酸、吡喃糖、二羧酸甲基酯等他感化合物^[6~10],但对作物秸秆直接还田情况下生化他感效应的研究报道并不多见,而秸秆还田对于促进养分循环利用和提高土壤肥力都具有重要作用^[11~13]。因此,开展这方面的研究对于完善秸秆还田的理论和技術,避免秸秆的他感负效应,充分地利用秸秆资源有着重要的生产实际意义。为此,笔者根据甘肃省白银市沿黄灌区作物秸秆资源和研究能力,2002年在盆栽试验中对作物秸秆的生化他感效应进行了初步研究,旨在为进一步深入研究积累资料。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试秸秆和土壤均采自甘肃省靖远县北滩乡景滩村,土壤属淡灰钙土,采自耕层0~20 cm,含有机质11.2 g/kg,全氮0.78 g/kg,全磷(P)0.58 g/kg,碱解氮80.1 mg/kg,速效磷25 mg/kg,速效钾280 mg/kg,采回后经风干、破碎、过1 mm筛后充分混匀,分装备用。供试作物秸秆类型及养分含量见表1。试验用盆钵为广口玻璃瓶,内装供试风干土500 g,供试作物春小麦为花培764,玉米为中单2号,大豆为汾豆8号。

表 1 供试作物秸秆中养分含量

Table 1 Nutrient contents of crop straw that be offered for experiment g/kg

秸秆类型 Types of Straw	有机碳 Organic Carbon	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	碳氮 C/N
小麦秸秆 Wheat Straw	392	10.5	0.44	22.5	37.3
玉米秸秆 Maize Straw	398	10.1	0.52	14.0	39.4
大豆秸秆 Soybean Straw	410	11.5	0.66	11.0	35.7
蚕豆秸秆 Horsebean Straw	410	17.9	0.85	11.5	22.9

1.2 研究方法

分种植小麦、玉米和大豆3个试验,各试验均设对照(A)、小麦秸秆(B)、玉米秸秆(C)、大豆秸秆(D)、蚕豆秸秆(E)5个处理,每处理重复6次,每盆均装秸秆20 g,3种作物每盆依次留苗8株、

3株和5株,3月25日至5月24日和7月14日至8月15日各种植2次,测定植株干重(包括根系)和土壤中有效性N、P、K的含量。在安排小麦试验的同时,为进一步深入了解栽培作物条件下秸秆对土壤养分变化的影响,设置了盆培土壤比较试验,所不同的是前者种植小麦,后者只灌水,翌年3月20日取样。土壤碱解氮采用扩散吸收法,速效磷采用Olsen法,速效钾采用火焰光度法,有机质采用重铬酸钾定碳法;供试秸秆样品用H₂SO₄-H₂O₂消化,开氏法定氮,钼钒黄比色法测磷,火焰光度法测钾。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田对小麦的生化他感效应

小麦试验中虽然土壤有效性氮和钾的供应水平平均高于对照处理,但小麦幼苗干重总量低于对照处理60.8%~45.0%(图1),这一试验结果与Kimber得出的“施用化肥对这种减产也无济于事”的结论非常相似^[2,3]。显然,这种负效应就是秸秆对小麦他感作用的结果。在他感效应强度上是玉米秸秆>蚕豆秸秆>小麦秸秆>大豆秸秆,而在时间上是前期>后期,这也与Kimber等人在研究小麦秸秆的自毒效应时所得结果一样,即秸秆的他感效应随秸秆堆施时间延长和温度提高、降水增加而减弱^[2,3]。从植物营养与作物产量的相关规律而论,秸秆对小麦产量的作用应该是蚕豆>小麦>玉米>大豆秸秆,而事实上是大豆>小麦>蚕豆>玉米秸秆。显然,小麦幼苗生物量的高或低,除与养分供应量有关外,还与产生他感相克效应的他感有毒物质有关。

2.2 秸秆还田对玉米的生化他感效应

玉米是消耗养分,特别是氮素养分较大的作物。在施入秸秆的前期(3~5月),秸秆腐解消耗的养分较多,因此,土壤速效氮的含量低于对照19.3%~23.9%,相应玉米幼苗生物量亦较对照减产21.8%~48.3%;进入后期(7~8月),随着气温升高,秸秆分解释放出了养分元素,其中氮素养分已高于或接近对照水平,第2次种植的玉米生物产量已高于对照1.8%~20.1%,特别是玉米秸秆处理中生物量的增加达到显著高于对照的水平(图1)。

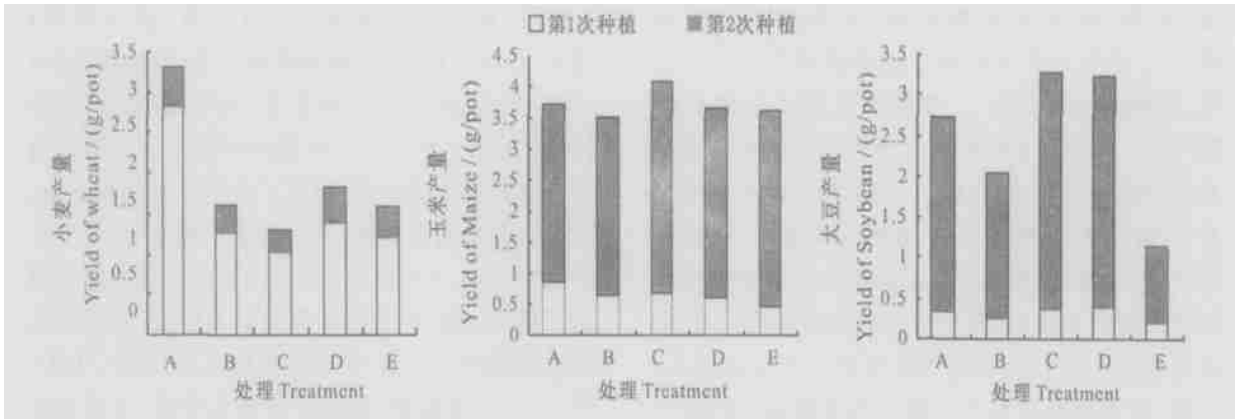


图 1 秸秆还田对小麦、玉米和大豆生物产量的影响

Fig. 1 Effects of straw returning on the biological yields of wheat, maize and soybean

但从盆栽玉米对土壤氮素养分供应水平的影响看,秸秆对玉米幼苗生物量的形成作用,应该是大豆>玉米>蚕豆>小麦秸秆,而实际上是玉米>大豆>蚕豆>小麦秸秆。这种结果证明,玉米秸秆对玉米幼苗生物量形成,有良好的自感相生作用;而小麦秸秆除对玉米幼苗生物量形成有不良作用外,对玉米生长也有毒害作用,主要是叶片发黄,而又无光泽,这也与他人研究结果一致^[14]。

2.3 秸秆还田对大豆的生化他感效应

大豆盆栽试验中,施蚕豆秸秆处理中土壤氮磷供应水平较其他秸秆处理都高(图 2),特别是后期土壤中氮素供应水平还高于对照 9.8 mg/kg,但由于蚕豆秸秆对大豆幼苗生长的他感相克

作用,植株生长缓慢,匍匐于土表,叶片兰绿、增厚。因此,大豆幼苗生物量前期显著低于对照 37.5%,后期不但显著低于对照 61.0%,而且也显著低于其他施秸秆处理 20.3%~67.8%,他感相克效应很大。相反,施大豆秸秆和玉米秸秆处理,前期土壤氮磷养分供应虽低于对照,但由于是他感相生作用,使大豆幼苗生物量分别高于对照 10.8%和 9.4%;后期随着土壤氮素供应水平的提高,使大豆和玉米秸秆处理中大豆生物量显著增加 18.7%和 21.2%,最终使得总生物量分别增加 18.7%和 19.8%,他感或自感相生作用显著。小麦秸秆处理中土壤氮磷养分供应水平始终低于对照,因此大豆生物量最低,较对照处理低 25.0%。

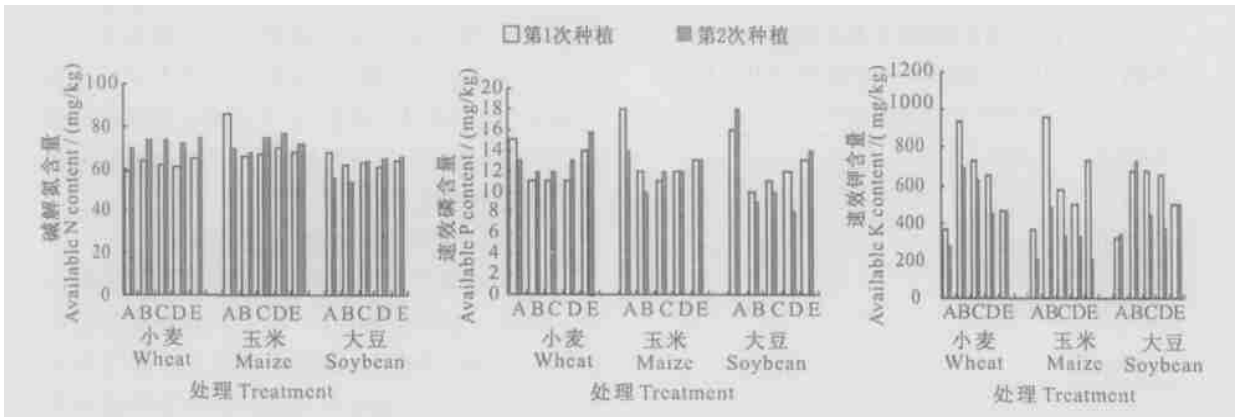


图 2 秸秆还田对土壤中有效性养分含量的影响

Fig. 2 Effects of straw returning on the available nutrient in soil

2.4 秸秆还田的生态肥力效应

2.4.1 秸秆还田对后季土壤养分含量的影响

作物秸秆类型不同,其化学成分组成不同,在土壤中腐解过程及其产物亦不同。因此,对土壤养分的变化可能不同。为此,本试验在 8 月份作物收获后,将盆栽土壤按秸秆类型混合后,又继续培养至第 2 年 3 月,采土测定养分含量,以了解秸秆和秸

秆类型对后季土壤养分贮量和供应水平的影响。

测定结果表明(表 2),施用秸秆能够增加土壤有机质、全氮、碱解氮和速效钾的含量,但由于秸秆腐解对磷的消耗,使得土壤中速效磷的含量下降。其中,蚕豆秸秆对后季土壤养料肥力水平的提高作用最大,土壤有机质、全氮、碱解氮、速效钾含量较空白对照依次增加 28.9%、22.1%、27.

8%和 50.9% ,速效磷含量虽然下降了 12.5% ,但在 4种秸秆中的降幅最小。大豆秸秆对后季土壤养料肥力更新的作用最小 ,有机质、全氮和碱解氮含量较对照分别增加 15.8%、14.3%和 15.5% ,速效磷的降幅也最大 ,达 31.3%。小麦秸秆在增大土壤有机质和全氮含量上的作用最大 ,两项指

标分别比对照提高 34.5%和 23.4% ,但对供氮和磷能力提高的作用最小。玉米秸秆的作用 ,正好与小麦秸秆相反。由此认为 ,蚕豆和小麦秸秆在增大后季土壤有机质和全氮贮量中的作用显著 ,玉米和蚕豆秸秆对土壤供氮能力的提高的作用最大 ,小麦秸秆对土壤供钾能力的提高贡献最大。

表 2 秸秆对后季土壤养分的影响

Table 2 Effects of straw on soil nutrient of the next season							
处理 Treatment	有机质 OM/(g/kg)	全氮 Total N/(g/kg)	全磷 Total P/(g/kg)	全钾 Total K/(g/kg)	碱解氮 Available N/(mg/kg)	速效磷 Available P/(mg/kg)	速效钾 Available K/(mg/kg)
A	11.24	0.77	1.30	28	67.9	16	285
B	15.12	0.95	1.30	28	74.2	11	690
C	14.18	0.88	1.30	28	84.0	12	420
D	13.02	0.88	1.35	26	78.4	11	375
E	14.49	0.94	1.32	28	86.8	14	430

2.4.2 栽培作物在提高秸秆还田培肥地力中的作用 栽培作物对增大土壤养分贮量 ,加快施入土壤的秸秆的分解 ,都有积极的生物促进作用 (表 3)。在施入土壤相同数量麦秸时 ,未种作物盆钵土壤有机质和全氮含量较 CK分别增加 32.3%和 16.9% ,而在种植小麦时又分别增加 34.5%和 23.4%。显然 ,这种增补特征主要与作物根系及其分泌物有关。同时 ,只施麦秸时 ,使土壤碱解氮和速效磷分别被固定 27.8%和 46.9% ;施用麦秸并

种植小麦时 ,土壤碱解氮较 CK和施麦秸处理分别提高 9.3%和 51.4% ,速效磷则较只施麦秸处理提高 29.4% ,这表明种植作物提高了后季土壤养分供应能力 ,即秸秆中养分的有效化。由此可见 ,在应用农作物秸秆肥时 ,除了关注秸秆类型与种植作物间他感效应的合理应用 ,还应考虑种植作物对秸秆释放养分的生物效应 ,以便达到当季与下季作物都能获得高产的双重效果。

表 3 种植作物对秸秆培肥地力的影响

Table 3 Effects of planting crops on cultivating soil of straw							
处理 Treatm ent	有机质 OM /(g /kg)	全氮 Total N /(g /kg)	全磷 Total P/(g /kg)	碱解氮 Available N /(mg/kg)	速效磷 Available P/(mg /kg)	速效钾 Available K /(mg /kg)	
对照 (CK)	11. 24	0. 77	0. 57	67. 9	16. 0	285	
施麦秸 20 g /kg,只灌水 Applied straw of wheat for 20 g /kg, only watering	14. 88	0. 90	0. 57	49. 0	8. 5	771	
施麦秸 20 g /kg,种植小麦 Applied straw of wheat for 20 g /kg, planting wheat	15. 12	0. 95	0. 57	74. 2	11. 0	690	

3 结果与讨论

3.1 秸秆对作物的他感效应

从试验结果看:① 秸秆对小麦幼苗生长都有他感相克作用 ,使幼苗生物量减产 45.0%~60.8% ,其强度是玉米秸秆>大豆秸秆≥蚕豆秸秆>小麦秸秆。② 秸秆对玉米幼苗生长的他感现象较轻 ,只是小麦秸秆对玉米有一定的他感相克效应 ,表现在玉米叶色较淡 ,但随着麦秸入土时间的后移而逐渐消失 ;而玉米秸秆的自感相生效应 ,使玉米幼苗生物量增加 10.3%。③ 玉米和大豆秸秆对大豆生长有他感和自感相生作用 ,使其生物量分别增加 19.8%和 18.7% ;小麦秸秆对大豆生

长有他感相克作用 ,但不明显 ;蚕豆秸秆对大豆生长有毒害作用 ,导致其生物量降低 58.2%。

3.2 秸秆对后季土壤肥力的作用

蚕豆秸秆既能增大后季土壤养分的贮量 ,又能提高养分元素的供应水平 ,培肥土壤的作用显著 ;大豆秸秆虽能提高土壤养分贮量和供氮能力 ,但提高幅度很小 ,培肥土壤的作用较小 ;小麦和玉米秸秆培肥土壤的作用介于上述秸秆之间 ,前者在增大土壤养分贮量上的作用最大 ,但供氮和磷的水平最低 ,而玉米秸秆正好与小麦秸秆相反。试验同时证明 ,种植作物更有利于土壤中秸秆的腐解和养分转化。

3.3 秸秆还田的他感效应研究需要进一步深入

关于秸秆还田效应的研究,国内目前大都集中在对土壤结构和肥力的影响上,涉及到他感效应研究的文献资料很少,且都局限于浸提液、秸秆覆盖等对农作物幼苗生长的他感效应观察,对于秸秆直接还田的他感效应及其生理生化基础、作用机制和对环境的影响等方面的研究很少。秸秆进入土壤后,化感物质在物理、化学、生物等因素的作用下化学结构和构象都发生变化,其对作物的他感效应与浸提液、秸秆覆盖等也不同。本文作者虽然对秸秆直接还田条件下的他感效应做了初步研究,对于完善秸秆还田的理论和技術起到了积极作用,但并不深入,今后的研究必须向利用他感效应指导秸秆还田和农作物轮作、间作及套种的方向努力。

参考文献:

[1] 李绍文.生态生物化学(二)高等植物之间的生化关系[J].生态学杂志,1989,8(1): 66~ 70.

[2] Kimber RW L. Phytotoxicity From Plant ResiduesI . The Influence of Rotted wheat Straw on seedling Growth [J]. Austr. J. Agr. Res., 1966, 18: 361~ 374.

[3] Kimber RW L. Phytotoxicity From Plant ResiduesII . The Relative Effect of Toxins and Nitrogen Immobilization on the Gemination and Growth of Wheat[J]. Plant and Soil, 1973, 38: 347~ 361.

[4] 李善林,由振国.小麦提取物对反枝苋繁缕生长的化感效应研究[J].中国生物防治,1996,12(4): 168~ 170.

[5] 马永清,刘德立, Lovett J V. 杂草间的他感作用及其在杂草生防中的应用[J].生态学杂志,1991,10(5): 46~ 49.

[6] Donn G. Shilling . Rye (*Secale cereale* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.) Mulch: The suppression of Certain Broadleaved Weeds and Isolation and Identification of Phytotoxins, *The chemistry of Allelopathy*, 1985[M]. American Chemical Society, 1985, 243~ 271.

[7] Lodh M A K. Allelopathy in Agroecosystems: Wheat Phytotoxic and Its Possible Roles in Crop Rotation [J]. J Chem. Ecol. 1987,13(8): 971~ 978.

[8] Lyu SW, Blum U. Effects of ferulic acid and allelopathic compound, on net P, K and water uptake bby cucumber seedling in a split-root system [J]. J Chen Ecol, 1990, 16 (8): 2429~ 2439.

[9] 张玉铭,马永清.麦秸覆盖夏玉米对其苗期生长发育的生化他感作用研究初报[J].生态学杂志,1994,13(3): 70~ 72.

[10] 刘秀芬,胡晓军.化感物质阿魏酸对小麦幼苗内源激素水平的影响[J].中国农业生态学报,2001,9(1): 86~ 88.

[11] 王小彬,蔡典雄,张镜清,等.旱地玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2000,33(4): 54~ 61.

[12] 劳秀荣,吴子一,高燕春.长期秸秆还田改土培肥效应的研究[J].农业工程学报,2002,18(2): 49~ 52.

[13] 曾木祥,王蓉芳,彭世琪,等.我国主要农区秸秆还田试验总结[J].土壤通报,2002,33(5): 336~ 339.

[14] 马永清,毛仁钊,刘孟雨,等.小麦秸秆的生化他感效应[J].生态学杂志,1993,12(5): 36~ 38.