第 16 卷第 1 期　　干 旱 地 区 农 业 研 究　　Vol. 16 No. 1
1998 年 3 月　　Agricultural Research in the Arid Areas　　Mar. 1998

秸秆覆盖的农田效应

沈裕琥　黄相国　王海庆

(中国科学院西北高原生物研究所·西宁　810001)

摘　要　综合分析已有秸秆覆盖试验研究的成果表明, 秸秆覆盖能改善土壤物理性质, 增加氮、磷, 特别是有机质和速效钾含量, 具有蓄水保墒、调节地温和减缓土壤水分、温度波动, 降低田间杂草密度, 调节土壤 pH 值, 提高土壤生物活性的作用, 对农田防护也有重要意义。由于农田覆盖秸秆的综合生态效应, 使作物产量得以显著提高。

关键词　秸秆覆盖　农田效应　文献综述

中图分类号　S343.1

自 1933 年 Duley 和 Russel 开始发展残槎覆盖耕作法(Stuble Mulch Tillage)以来, 现在包括秸秆覆盖(Straw Mulch)在内的残槎覆盖法几乎在美国、加拿大、前苏联的所有气候条件下得到试验推广。我国不同地区也作了大量试验研究和推广, 结果表明, 覆盖秸秆的农田可以改善土壤水、肥、气、热等多方面的生态效应, 其经济效益、生态效益和社会效益都比较高, 是我国尤其是北方旱作农业持续稳定发展的有效措施和途径之一。

1　秸秆覆盖的土壤效应

1.1　增加土壤养分含量, 改善土壤结构和物理性质

作物秸秆本身含有各种营养元素, 是土壤养分的主要补给源。风干的稻草含 N 6.06±1.01 g/kg, P 0.733±0.131 g/kg, K 20.75±2.16 g/kg, Ca 1.06±0.24 g/kg 和 Mg 1.60±0.62 g/kg。风干的麦秸 N、P_2O_5、K_2O 含量分别为 0.41%、0.18%、2.28%。因此, 覆盖的秸秆翻入土壤后自然能增加各种土壤养分含量。秸秆覆盖除了能直接补充土壤一部分氮素外, 近年来的一些研究表明[1], 还可以促进固氮微生物的固氮作用和豆科作物的共生固氮, 从而增加土壤中的氮素含量。农作物秸秆中一般含有数量较多的钾素, 而且这些钾素都是水溶性的, 因此, 当其施入土壤后能明显提高土壤代换性钾(速效钾)的水平。袁家富[2]荆门试验表明, 稻草覆盖于麦田 30 d 后, 秸秆中钾下降率为 69.13%, 60 d 后为 85.0%。陈兰详等[3], 每 666.7 m^2 覆盖 200 kg 稻草所带入的钾相当于 7.5 kg KCl 的肥效。另据有关研究指出, 利用玉米秸秆还田所增加的土壤代换性钾的数量, 相当于作物生长季节从土壤中吸收的代换性钾的总量。此外, 秸秆覆盖还田对于土壤微量元素的补充, 也无疑起着重要的作用。

植物秸秆绝大部分是有机成分, 其中易被微生物作为能量物质而分解的水溶性成分纤维素、半纤维素占 51.3%～64.9%, 12.5%～20.7% 的木质素及其蛋白质复合体则较难分解而残留于土壤中, 形成土壤有机质。

收稿日期: 1997-06-09

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

秸秆覆盖还田还能够提高土壤腐殖质含量。秸秆种类不同,其腐殖化系数不同。腐殖化系数的大小与秸秆的C/N 比和木质素含量有关。C/N 比值较宽,腐殖化系数也就较大。盖秸土壤有机质含量提高,随着形成的腐殖质含量的增多,土壤团聚体数量增多,总孔隙度提高,容重下降,稳水保肥性能增强,通透性改善。据袁家富[2]麦田覆盖 3 000 kg/hm^2 稻草对土壤有机质含量、容重、总孔隙度的影响,裸地试验前后 3 项指标均无显著差异;稻草覆盖麦收后土壤,有机质含量较裸地和试验前分别平均上升了 6.65% 和 6.39%,容重下降了 7.75% 和 7.03%,总孔隙度增加了 6.44% 和 6.60%。另据报道[4],麦秸秆连续覆盖 2 年,可增加土壤有机质 0.14%、腐殖质 0.27%、全N 0.02%,降低土壤容重 0.09 g/cm^3。3 年试验结果表明,0 cm～20 cm 耕层土壤容重由 1.486 g/cm^3 下降到 1.463 g/cm^3,下降率为 1.5%;总孔隙度由 4.392% 增加到 4.479%,增长率为 2.0%。

由此可见,秸秆覆盖还田能增加土壤N、P,尤其是有机质和速效钾含量,改善土壤结构和物理性质,促进土壤团粒结构的形成,既可以为作物生长提供养分来源,又有利于土壤水分的保蓄;既可以提高产量,又有利于培肥地力。

1.2 增强土壤蓄水保墒能力,改善土壤供水状况

在自然条件下,土壤表层受雨滴的直接冲击,土壤团粒结构被破坏,土壤孔隙度减小,形成不易透水透气、结构细密紧实的土壤表层,影响降水就地入渗。而在土壤表面覆盖一层秸秆,避免了降水对地表的直接冲击,团粒结构稳定,土壤疏松多孔,因而土壤的导水性强,降水就地入渗快,地表径流少。据测定[5],小麦拔节前覆盖处理的土壤饱和导水率为 22.92 cm/h,对照为 8.25 cm/h;小麦收获后覆盖处理的土壤饱和导水率为 21.75 cm/h,对照为 10.29 cm/h,由此可见,秸秆覆盖下土壤饱和导水率高,土壤蓄水能力增强。据赵聚宝等[6]田间实测结果,麦田冬前秸秆覆盖处理,全生育期土壤蓄水量比CK 多 47.3 mm;春玉米田拔节初期秸秆覆盖处理,全生育期土壤蓄水量比CK 多 69.3 mm;麦田夏闲期秸秆覆盖处理,土壤蓄水量比CK 多 45.3 mm;春玉米田冬闲期秸秆覆盖处理,土壤蓄水量比CK 多 45.2 mm。

袁家富[2]冬小麦覆盖 3000 kg/hm^2 稻草处理水分状况,无论是在雨后或干旱时测试,稻草覆盖均较裸地含水率高。雨后的 3 个测试点,覆盖较裸地土壤含水量平均增长率为 24.7% ±1.7%,干旱时为 51.3% ±17.0%,说明稻草覆盖于表土,不仅能在降雨过程中使土壤积蓄较多的水分,更重要的是干旱条件下能减少土壤水分蒸发,具有明显的保墒效果。土壤蒸发是土壤损失水分的重要途径,在北方旱区,土壤蒸发失水可达同期降水的 50% 或更多,小麦全生育期棵间土壤蒸发占农田蒸散量的 66%。土壤蒸发的第一阶段为大气蒸发力控制的稳定阶段,这个阶段水分蒸发主要靠大气蒸发力的提升作用,毛管水不断向蒸发层运行。覆盖一层秸秆可以隔断蒸发层与下层土壤的毛管联系,减弱土壤空气与大气之间的乱流交换强度,有效地抑制蒸发。赵聚宝等[6]田间试验结果表明,麦田夏闲期秸秆覆盖对土壤蒸发的抑制率为 63.2%,春玉米田冬闲期秸秆覆盖对土壤蒸发的抑制率为 47.6%,冬小麦生育期间秸秆覆盖对越冬至拔节期间蒸散量的抑制率为 21.5%。袁家富指出[2],麦田稻草覆盖的保墒效果受覆盖量影响,稻草覆盖量在 0 kg/hm^2～1 500 kg/hm^2 范围内随覆盖量增加,土壤水分迅速增加;> 1 500 kg/hm^2 时土壤含水率上升速度减缓。同时证明稻草覆盖的保墒效果不仅表现在增加土壤含水率,而且还表现在减缓冬

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

小麦生长期间耕层土壤水分的波动。这是因为裸地土壤水分易受气候影响而上下波动, 而秸秆覆盖处理土壤水分则相对较稳定, 连续增加。

秸秆覆盖具有蓄水抑蒸保墒的效果, 可有效地降低耗水系数, 提高水分利用效率。同时农田秸秆覆盖改善了土壤和作物间的水分供需关系。经测定[7]作物植株体内水分随土壤耕层有效水贮量的增加而递增, 盖秸小麦旗叶含水率绝对值比不盖秸的提高 7.28%, 蒸腾速率提高 24.4%, 提高了灌溉水的利用效率产量。

许多研究表明, 秸秆覆盖下, 作物生育前期蒸散耗水比裸地少, 中后期蒸散耗水比裸地多, 全生育期总耗水量与裸地并无明显的差异。其意义就在于秸秆覆盖有调控土壤供水的作用, 使作物苗期耗水减少, 需水关键期耗水增加, 农田水分供需状况趋于协调, 从而提高水分利用效率。周凌云等多年研究结果表明[8], 冬小麦越冬至翌年拔节前期麦田耗水以棵间土壤蒸发为主, 由于覆盖保墒作用, 抑制棵间土壤蒸发, 小麦该生长阶段 0 cm～50 cm 土层土壤水消耗强度由 0.73 mm/d 降至 0.35 mm/d。覆盖抑制耗水量高达 52.0% 使麦田土壤水分无效消耗减少 26.1 mm, 对小麦返青、拔节十分有利。小麦生长后期以叶面蒸腾为主, 由于覆盖小麦长势茂盛, 植株蒸腾量大, 使麦田土壤水分消耗加快, 覆盖秸秆有助于改善棵间土壤蒸发和叶面蒸腾间的耗水比例关系, 但小麦的耗水总量减少并不显著。在小麦全生育期内, 0 cm～100 cm 土层储水量的测定[8]表明, 覆盖抑制蒸发率为 26.3%, 减少棵间无效蒸发量为 27 mm。盖秸只是使部分棵间蒸发转为叶面蒸腾, 增加需水关键期供水, 使作物增产, 耗水系数变小, 从而提高了水分利用率。

1.3　调节土壤温度效应

很多研究表明[2, 8, 9], 秸秆覆盖对光辐射吸收转化和热量传导均有影响。秸秆覆盖在地表形成一层土壤与大气热交换的障碍层, 既可阻止太阳直接辐射, 也可减少土壤热量向大气中散发, 同时还可有效地反射长波辐射。因此, 秸秆覆盖下土壤温度年、日变化均趋缓和, 低温时有"增温效应", 高温时又有"低温效应", 这种双重效应对作物生长十分有利, 能有效地缓解气温激变对作物的伤害。据周凌云等[8]3 年研究结果, 盖秸麦田比不盖秸麦田冬季可提高耕层土壤(0 cm～15 cm)地温 0.5℃～2.5℃, 有减轻小麦冻害, 降低死苗率, 保证小麦安全越冬及促进小麦根系发育的作用; 小麦生育后期盖秸耕层土壤日均地温比未盖秸耕层土壤日均地温低 0.3℃～0.5℃, 有利于防御干热风对小麦的危害, 也有利于后续作物(夏玉米)苗期的生长发育。同时, 秸秆覆盖在春季有调节麦田地温的滞后作用, 可抗御"倒春寒"不利气候对小麦的危害, 促进小麦个体和群体的协调发育。据观测, 覆盖小麦可提早 3 d～6 d 返青, 这种早发作用有益于提高小麦成穗率, 延长小穗分化期和促进小麦穗大粒多的作用。袁家富[2]指出麦田覆盖稻草的调温作用随覆盖量的增加而加强, 且随土壤深度的增加, 覆盖处理与裸地的土温差异愈小, 土表前者较后者高 1.5℃, 地下 15 cm 处仅相差 0.5℃, 20 cm 处状况基本与 15 cm 处相似。

1.4　调节土壤 pH 值效应

盖秸土壤富含有机质, 由于土壤有机质有较高的阳离子交换量, 土壤的缓冲能力加强[10], 不会因施用化肥过量或施用大量新鲜有机物质, 使土壤 pH 值发生太大变化而影响作物生长。据袁家富[2]钟详市调查结果, 麦田耕层土壤试验前 pH 为 5.6, 稻草覆盖种植处理一季小麦后, pH 为 6.2, 较裸地 pH 5.7 上升了 0.5; 远安在原裸地土壤 pH 为 7.3 时, 小

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

麦收获后稻草覆盖处理较裸地 pH 下降了 0.3, 且调节作用随覆盖量的增加而加强。

1.5 抑制农田杂草效应

试验证明[2], 稻草覆盖较裸地麦田杂草密度下降, 覆盖的抑草效应因杂草种类而异, 4 个点的调查结果, 稻草覆盖较裸地抑制双子叶杂草比单子叶杂草效果好。秸秆覆盖对杂草的抑制效应据目前报道, 一是由于秸秆覆盖的遮荫作用, 制约了某些喜光性杂草的生长[11], 另一是由于生物种间的他感效应[12, 14]。

大多数杂草种子都是属于喜光性的, 由于秸秆覆盖的郁蔽作用, 使杂草种子得不到充足的光照而不能正常发芽或生长。

由生物体产生的生物活性物质在生物体间传递信息, 并导致生物体相互作用, 即他感效应。裸麦和小麦的残体能有效地杀死某些阔叶杂草[12], 它们含有 β- 苯基乳酸, β- 羟基丁酸等, 这些物质有明显的克生作用。高粱残体也能释放他感物质, 强烈地抑制某些杂草生长。另据报道, 麦秸中含有一种叫"阿魏酸"的成分能抑制包括燕麦在内的多种杂草的萌发[13, 14]。研究证明[15], 多种作物能分泌生化他感物质, 抑制杂草的生长。

1.6 秸秆覆盖对土壤生物活性和微生物活动的影响

土壤本身固有的养分在增加秸秆有机物质覆盖后, 土壤的 C/N 比发生了变化, 为增强酶促反应和土壤呼吸强度提供了基质, 从而促进了生物活性的提高。李春勃等[9]麦秸覆盖棉田结果表明, 麦秸覆盖与对照比较, 除过氧化氢酶外, 碱性磷酸酶、转化酶、脲酶和呼吸强度均有明显的提高作用。

由于秸秆覆盖, 土壤综合生态因子的改善, 土壤微生物的活动必然更趋活跃, 而土壤生物活性的提高和微生物活动的加强又必然促进秸秆的分解转化, 进一步改善土壤生态环境, 又必促进土壤生物活性和微生物活动, 形成一互促效应。

1.7 秸秆覆盖的农田防护效应

土壤退化导致人类生存环境恶化, 已成为世界各国日益关注的问题, 目前全球仍有 35% 的土地有着不同程度的退化。我国由土壤水蚀(179 万 km^2)、风蚀沙化(188 万 km^2)和土壤 盐碱化(33.3 万 km^2)形成的退化土壤面积约占国土面积的 41.7%, 成为世界上土壤退化最严重的国家之一。

秸秆覆盖措施能显著提高土壤流失通用方程式 $A = R * K * Ls * C * P$ (Wischmeier 等) 和风蚀通用方程式 $E = f(I * K * C * L * V)$ (Woodruff 和 Siddoway) 中的植物覆盖因素 C 和 V[16], 有效地减轻土壤水蚀和风蚀损失, 对防止水土流失, , 农田防护具有重要意义。在加拿大草原地区, 田间土壤损失每年若小于 5 t/hm^2 一般是不太明显的, 若超过 5 t/hm^2～10 t/hm^2, 就可能造成农场土地生产力长期损失。秸秆覆盖对于保护耕地免遭风蚀和水蚀具有显著的效果, 如在坡度为 15%、不加覆盖情况下, 土壤损失高达 68.7 t/hm^2, 随秸秆覆盖量的增加, 侵蚀损失明显减少; 而且在备有充分秸秆覆盖(覆盖量 9.9 t/hm^2)的条件下, 土壤侵蚀可被控制到极小程度(1.7 t/hm^2)[17]。控制土壤侵蚀所需的作物秸秆量随土壤和坡度不同。覆盖量随坡度的增大应增加, 一般法则是小谷物约需 3 360 kg/hm^2～6 720 kg/hm^2, 小谷物秸秆覆盖的效果好于玉米秸秆。

秸秆覆盖对防止土壤盐碱化和改良盐碱土也有一定作用。覆盖秸秆经微生物分解、转化形成腐殖质, 腐殖质是一种两性胶体, 能提高土壤的缓冲性能, 并可和碳酸钠作用形成

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

腐殖酸钠, 降低土壤碱性。腐殖酸钠还能刺激作物生长, 增强抗盐能力。腐殖质可以促进团粒结构的形成, 从而使孔隙度增加, 透水性增强, 有利于盐分淋洗; 同时又使毛管作用减弱, 有利于抑制返盐。秸秆有机质在分解过程中产生大量有机酸, 一方面可以中和土壤碱性, 另一方面可以加速养分分解, 促进迟效养分转化, 提高磷的有效性。

2　讨　论

农田覆盖秸秆后, 土壤水、肥、气、热等状况得到综合改善, 具抑蒸保墒、培肥改土效应, 土壤生物活性和微生物活动加强, 同时调节土壤 pH 值使之趋于中性, 抑制杂草并减轻其对作物的危害, 为作物正常生长创造了良好条件, 使作物产量结构明显优化, 具显著的增产效应。但是, 秸秆覆盖在实际应用中, 应充分注意到以下问题:

2.1　**覆盖秸秆要不要施肥**　必须指出的是, 秸秆本身虽然含有多种养分, 但氮、磷数量并不多, 为了满足作物高产的要求, 必须同时施用氮、磷化肥, 仅仅依靠盖秸还田是不可能取得高产的。秸秆本身 C/N 比一般较宽, 在微生物分解过程中要从土壤中吸取速效氮素, 这样就会与作物发生争夺氮素的矛盾。因此, 秸秆覆盖还田时应配合施用一定数量的速效氮肥。据中国农科院土壤肥料研究所的有关研究, 秸秆还田配合施入的化肥氮量以占秸秆风干重的 1.7%～1.8% 为好, 否则, 可能引起当季作物减产。陈兰详[3]小麦—玉米轮作覆盖稻草试验结果显示, 稻草覆盖能有效地减少铵态氮肥因土壤碱性和气温升高而造成的挥发损失, 从而提高了碳铵化肥的利用率。

2.2　**覆盖量和覆盖时间**　在一定范围内, 秸秆覆盖量越大其生态效应越好, 增产效果也就越好。覆盖量过少, 固然其综合生态效应不高, 增产效果不显著; 但覆盖量过大, 会造成作物根部呼吸减弱, 有害气体增加, 不利于作物正常生长。秸秆覆盖量应根据当地气候条件、土壤类型条件而定。如较湿季节或较湿土壤带, 覆盖量过多往往造成土壤过冷或过湿, 对作物生长不利; 干旱季节或干旱地区, 可适当加大覆盖量, 有利于蓄水保墒。总之, 覆盖量应因时、因地制宜, 力求经济效益与生态效益、短期效应与长期效应的统一。

覆盖的保墒效应也因覆盖时期的不同而有较大的差别。我国北方一年中土壤水分的消长变化, 可以分为四个时期, 即早春失墒期, 夏秋纳雨添墒期, 秋末冬初缓慢蒸发期及严冬土壤水分冻结期。其中以夏季降水较多而蒸发损失也最强烈, 因此秸秆覆盖的保墒效果也以夏盖为最好, 次之为冬盖, 再次之为春盖。陈兰详等[3]也认为冬作小麦早覆盖比晚覆盖效果好; 李春勃[9]等在麦秸覆盖旱地棉田也得出同样结论。

2.3　**生化他感在秸秆覆盖中的负面效应**　某些作物秸秆产生他感化合物抑制杂草的同时, 也能对所覆盖作物产生抑制。Accalla 和 F. L. Duley 在 1948 年曾报道, 在某些情况下, 特别是在多雨年份, 小麦秸秆覆盖下茬玉米时, 影响了玉米发芽的密度与生长。另外, 多种作物具自毒作用, 如小麦、水稻等[13, 14], 它们的残体对自身的生长有抑制作用。因此, 在秸秆覆盖中应尽量避免他感效应和自毒作用所带来的负面效应, 合理安排秸秆种类和覆盖作物。

2.4　**秸秆覆盖有可能引起病虫害滋生**　覆盖秸秆后, 土壤湿度增大, 地温升高, 为作物生长提供良好条件的同时, 也为某些病虫害的发生创造了适宜的环境条件。应充分估计到盖秸同时所带来的病虫危害, 采取相应措施予以防范。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参 考 文 献

1 杨改河等编著. 旱区农业理论与实践. 西安: 世界图书出版司西安公司, 1993
2 袁家富. 麦田秸秆覆盖效应及增产作用. 生态农业研究, 1996; 4(3): 61～65
3 陈兰详等. 小麦—玉米轮作覆盖稻草对土壤肥力及产量的影响. 土壤, 1996; 28(3): 156～159
4 王玉坤等. 袁庄麦田秸秆覆盖保墒措施的研究. 灌溉排水, 1991; 10(1)
5 张志田. 旱地农田覆盖的保墒效应研究(硕士学位论文). 中国农业科学院研究生院, 1992
6 赵聚宝等. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响. 中国农业科学, 1996; 29(2) 59～66
7 贾大林等. 节水农业持续发展研究. 生态农业研究, 1994; 2(2): 30～36
8 周凌云等. 农田秸秆覆盖节水效应研究. 生态农业研究, 1996; 4(3): 49～52
9 李春勃等. 麦秸覆盖旱地棉田少耕培肥效果. 生态农业研究. 1995; 3(3): 52～55
10 胡定宇主编. 土壤学. 陕西杨凌: 天则出版社, 1990
11 李孙荣编著. 作物草害及其防除. 北京: 农业出版社, 1981
12 王留芳主编. 农业生态学. 西安: 陕西科学技术出版社, 1994
13 韩庆华等. 小麦秸秆中生化他感化合物的研究概况. 生态农业研究, 1994; 2(4): 71～75
14 吴崇海等. 小麦高留茬的经济效益与配套技术. 土壤肥料, 1996; (2): 11～13
15 孙文浩等. 相生相克效应及其应用. 植物生理学通讯, 1992; (28): 81～87
16 西北农业大学主编. 耕作学. 银川: 宁夏人民出版社, 1986
17 王小彬等. 加拿大草原地区的残槎覆盖管理. 土壤肥料, 1996(2): 34～38

Field Effects of Straw Mulching

Shen Yuhu Huang Xiangguo Wang Haiqing

(*Northwestern Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining* 810001)

Abstract Results from the research showed that straw mulching could improve soil physical property, increase the contents of N and P, especially organic matters and available K, have the functions in water storage, water conservation, soil temperature adjustment, soil water and temperature fluctuation abatement, soil weed density decrease, soil pH regulation to neutral character, and soil biological action and the activity of soil microbe. All of those could result in remarkable increases of crop yield.

Key words straw mulching, field effect, literature summary

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net