

王丽丽,余海龙,黄菊莹,等. 不同覆盖措施的土壤生态环境效应和作物增产效应述评[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):11-15.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.003

不同覆盖措施的土壤生态环境效应 和作物增产效应述评

王丽丽¹,余海龙¹,黄菊莹²,赖荣生¹

(1. 宁夏大学资源环境学院,宁夏银川 750021; 2. 宁夏大学新技术应用研究开发中心,宁夏银川 750021)

摘要:干旱、缺水是困扰我国农业生产的两大难题之一,地表覆盖措施是解决旱作农业区农业缺水的有效途径。就旱作农业常用的3类覆盖措施(地膜覆盖、秸秆覆盖、砾石覆盖)的土壤生态环境效应和作物增产效应进行了述评。实际应用中,为实现更好的土壤生态环境效应以及达到最佳的作物增产效果,需要注意覆盖的方式、时间以及覆盖时间的长短。

关键词:秸秆覆盖;砾石覆盖;地膜覆盖;土壤生态环境;作物增产

中图分类号: S151.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0011-04

干旱、缺水是困扰我国农业生产的两大难题之一^[1],集雨、蓄水、减少水分无效蒸发等是促进我国北方地区农业发展的重要途径。地表覆盖作为一种土壤调控技术,不仅能提高水分利用效率,促进土壤温度升高,起到保水保墒的作用,而且能够改善土壤物理性状,起到抑制杂草、减轻土壤盐碱化程度、提高土壤微生物活性等作用,并且能够减少水土流失、保护土壤结构,为作物生长提供适宜的水、肥、热等条件,从而提高作物产量^[2-3]。如何选择合适的地表覆盖方式及材料对于满足不同地区作物生长所需要的湿度、温度等条件至关重要。因覆盖材料、作物品种、生态区域不同,国内外学者关于覆盖措施的土壤生态环境效应和增产效应研究结果存在较大差异。我国耕地面积广阔,各地区之间自然条件差异大,各地的种植制度也存在差异^[4]。本研究从土壤环境、土壤肥力、土壤水分利用效率以及作物的生长发育和产量等方面入手,对我国旱作农业区常用的3类地表覆盖措施(秸秆覆盖、砾石覆盖、地膜覆盖)的土壤生态环境效应及增产效应原理进行比较分析,旨在为合理选择和应用地表覆盖材料提供参考。

1 不同覆盖措施对土壤环境和肥力的影响

1.1 不同覆盖措施对土壤温度的影响

研究表明,秸秆覆盖、砾石覆盖、地膜覆盖这3类地表覆盖措施都可以起到调节土壤温度的作用。于晓蕾等通过研究不同秸秆覆盖量对不同土层深度土壤温度的影响发现,深度为0~15 cm的土层土温变化明显,15~25 cm土层土温变化不明显^[5]。崔向新等研究表明,砾石覆盖条件下土壤的降温速率要明显低于未经过砾石覆盖的降温速率。地膜覆盖能显著增加耕层5 cm处的土壤温度^[6]。李晓黎通过田间育苗试验,认为覆膜区的地温要比未经过覆膜处理的小区高0.5~

7.5℃^[7]。王树森总结了地膜的增温机制主要源于以下原因:(1)地膜隔绝土壤与外界的水分交换,抑制了潜热交换;(2)地膜减弱了土壤与外界的显热交换;(3)地膜及其表面附着的水层对长波反射有削弱作用,导致夜间土壤温度下降速度减缓^[8]。当外界温度较高时,覆盖在地表的秸秆能吸收一定的太阳辐射,使地表的温度不超过作物生长的上限温度,保证植物正常生长;白天秸秆覆盖具有降低地温的作用,覆盖处理地温的最高值低于对照,主要原因是秸秆吸收太阳辐射后,由于秸秆的导热率较小,导致热量不易向地表传递;夜晚温度降低时,秸秆层阻挡了地面的长波辐射,减少了土壤散失的热量,能量的释放减缓,有效阻碍了地温降低。砾石覆盖增加了地表粗糙度,且砾石颜色深,增加了砾石对太阳辐射的吸收能力,加之砾石热容量和导热率均小于土粒,因此具有升温快、散热快的特点。砾石覆盖下土壤温度增幅大于土田,显著改善了土壤热状况。在这3类覆盖措施中,地膜的增温速度最快,且呈持续增温状态^[9]。由此可见,若覆盖的主要目的是增温,应选择地膜覆盖。秸秆覆盖和砾石覆盖在高温时可以调节土壤表层的温度^[10],使土壤温度的变化比较平稳^[11],更有利于作物生长。

1.2 不同覆盖措施对土壤含水量的影响

秸秆覆盖、砾石覆盖、地膜覆盖这3类不同的覆盖措施均能起到保持土壤水分的作用。秸秆覆盖增加了雨水入渗率,提高了土壤的蓄水保水能力。宋凤斌等研究发现,秸秆覆盖在干旱年份能够显著增加玉米生长发育期土壤的含水量^[12]。砾石覆盖能够通过增加水分入渗量和抑制水分蒸发而蓄水保墒^[13]。雒焕妍研究发现,新、中、老沙田土壤含水量均高于土田,说明沙田土壤有保墒作用,这主要是由增加入渗量的同时降低蒸发量所致^[14]。地膜覆盖的保墒效应主要是由于地膜在土壤表面起到不透气的物理阻隔作用,使土壤水分垂直蒸发直接受阻,迫使水分横向运移,土壤水分蒸发速度相对减缓,总蒸发量大幅度下降。同时,因地膜内温度较高,加大了土壤热梯度的差异,导致土壤深层水分向上移动,并在上层累积,形成提水上升的保墒效应,地膜内水汽增加,大量凝结在膜内壁上,到了夜晚或低温天气,膜下水汽遇冷凝结成小水

收稿日期:2015-09-08

基金项目:国家自然科学基金(编号:41261068)。

作者简介:王丽丽(1991—),女,山东潍坊人,硕士研究生,主要从事土壤物理及节水灌溉研究。E-mail:wangll19910103@163.com。

通信作者:余海龙,副教授,硕士生导师,主要从事土壤物理及节水灌溉研究。E-mail:yhl@nxu.edu.cn。

珠,由小变大,滴落地表,再渗入土中,又提高了土壤湿度,以后再蒸发再凝结,如此进行液相和气相循环,保证土壤耕层含水量较高。由于覆膜限制了降水及灌溉水直接进入土壤,因此在覆膜后期,随着地膜内温度的持续升高,土壤湿度不断降低^[9]。秸秆覆盖在土壤表层增加了保护层,水分在上升过程中受到阻力而返回到土壤中,并且秸秆覆盖能减小风带来的水分蒸发量,因此显著提高了土壤含水量。砾石覆盖地表增加了土壤渗水力,与土田相比,砾石覆盖地表处理下土壤水分下渗率增加了9倍^[14],加之砾石阻拦了土壤水汽向外扩散,进一步降低了土壤表层水分损失量。

1.3 不同覆盖措施对土壤密度的影响

土壤密度影响土壤蓄水能力^[15],并最终影响农作物的生长发育和产量^[16]。地表覆盖能够改善土壤结构,对地表进行不同覆盖处理能不同程度地影响土壤密度^[11]。覆盖秸秆后,土壤有机质含量提高,随着腐殖质含量的增多,土壤团聚体数量增多,总孔隙度提高,土壤密度下降^[17]。研究表明,当土壤中砾石含量增加时,土壤密度随之增加,当砾石含量增加到一定的程度时,土壤密度随着砾石含量的增加而减小^[18]。地膜覆盖后期,破碎的地膜残留在土壤中,或形成机械断层,或把小块土壤包裹起来从而影响作物根系正常生长,不利于作物吸收养分和水分。残膜还会阻碍土壤中毛管水和自然水的渗透,增加土壤密度^[19]。

1.4 不同覆盖措施对土壤侵蚀的影响

秸秆覆盖、砾石覆盖、地膜覆盖这3类不同地表覆盖措施均能显著提高土壤流失通用方程式 $A = R \times K \times Ls \times C \times P$ 和风蚀通用方程式 $E = f(I \times K \times C \times L \times V)$ 中的植物覆盖因素 C 、 V ,有效减轻土壤水蚀和风蚀损失,对防止水土流失和防护农田具有重要意义。秸秆覆盖影响地表径流,可拦截部分降水量,使土壤表面免受雨滴溅蚀,起到减轻土壤颗粒分离和扩散的作用。同时,秸秆覆盖地表增加了地表的粗糙程度,减少径流总量并降低地表径流的流速^[20]。王安等研究表明,秸秆覆盖条件下,最大产沙量比无覆盖减少75%^[21]。有研究表明,秸秆覆盖下年均径流量和年均侵蚀量比无覆盖处理分别减少67.60%、93.29%,地膜覆盖下年均径流量和年均侵蚀量比秸秆覆盖处理分别高15.41%、5.83%^[22-23]。砾石覆盖与秸秆覆盖一样,在土壤的表层形成了保护层,延缓了表层土壤结皮的形成速度,增加了降雨入渗,提高了雨水下渗速度,减弱地表径流,保护表层土壤,抑制了土壤侵蚀的发生^[24]。沙田具有较好的抗风蚀和降尘作用。风洞试验结果表明,不同风速下,未压沙农田都是以风蚀为主,随着风速的增大,风蚀的速率也不断增大;在砾石的阻风作用下,沙田表面的风速变化不大,砾石覆盖在地表,增加了地表的粗糙程度,实现了风蚀和风积的平衡^[25]。秸秆覆盖和砾石覆盖一样,都是通过增加地表的粗糙度来减弱风蚀作用。地膜覆盖、秸秆覆盖、砾石覆盖都提高了土壤的湿度^[26],且避免了表层土壤直接受到风力吹蚀^[27],但地膜覆盖抵抗风蚀的作用要明显弱于砾石覆盖和秸秆覆盖。

1.5 不同覆盖措施对土壤蒸发的影响

秸秆覆盖、砾石覆盖、地膜覆盖这3类不同地表覆盖措施都能通过抑制蒸发来提高水分利用效率。这3类覆盖材料在表层土壤与大气之间形成不透水层,阻止水分蒸发^[28]。秸秆

覆盖可使地面层显热通量增大,潜热通量和土壤热通量均明显减小,土壤蒸发受限^[29]。陈素英等研究了玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响,结果表明覆盖处理下棵间蒸发量远远小于不覆盖处理,且覆盖量大的处理对土壤蒸发的抑制率高于覆盖量少的处理^[30]。秸秆覆盖能提高农田水分利用效率^[10]。砾石覆盖可在土体表面形成一个干土层从而阻止毛细管水的上升,切断了土壤中毛细管向土壤表层的水汽输送,抑制了土壤中水分的蒸发^[11]。关红杰等研究了沙石覆盖厚度和粒径对土壤蒸发的影响,结果表明当砾石粒径在0.25~4.00 cm范围内时,砾石覆盖厚度越大,对土壤蒸发的抑制作用越大。但同一覆盖厚度条件下,随着沙石粒径的增大,土壤累积蒸发量增加,沙石覆盖对蒸发的抑制作用降低^[27]。

1.6 不同覆盖措施对土壤盐分的影响

地表覆盖通过抑制土壤蒸发从而对土壤含盐量产生影响。研究表明,秸秆覆盖、地膜覆盖、砾石覆盖都能不同程度地抑制土壤中水分的蒸发。地膜覆盖作为一种新型的节水洗盐技术,能阻滞盐分向土表聚积^[31]。秸秆覆盖可明显抑制土壤盐分表聚,随着覆盖量的增加,土壤盐分表聚现象逐渐减轻。秸秆覆盖可以减少地面径流,增加雨水的入渗量,加速了土壤盐分淋洗,使得表层土壤脱盐;而且覆盖秸秆能够延缓土壤中水分的上移速度,抑制盐分的表聚^[32]。邓力群等认为,在盐碱土表面,以5 cm厚度进行秸秆覆盖和地膜覆盖处理后,5 cm厚度秸秆覆盖下的土壤表层含盐量明显下降^[33]。在地膜覆盖处理下,盐分是否表聚取决于地下水位的高低,地下水位高时,会出现盐分表聚现象,地下水位降低时,表层土壤的盐分含量降低^[34]。但也有学者认为,地膜覆盖在抑制盐分积累方面的作用要优于秸秆覆盖和砾石覆盖^[35]。砾石覆盖地表增加了地表粗糙度,可增加降水下渗,水重力下渗作用大于毛管上升作用,可淋洗耕层盐分,降低土壤溶液中盐分浓度,起到改良盐碱土的作用。此外,砾石层具有毛细管作用和减少水分蒸发的功效,有效抑制了可溶性盐类随蒸发而上升地表聚积,防止盐碱化。

1.7 不同覆盖措施对土壤肥力的影响

地表覆盖显著影响土壤水、热状况和生物活性,土壤中微生物数量和酶活性高低对土壤的肥力有重要影响^[36]。地表覆盖地膜调节了土壤的水、气、热等条件,有利于土壤中全氮的转化和有机质的矿化,在一定程度上提高了土壤养分利用效率^[37]。砾石覆盖的农田中,0~20 cm土层范围内,土壤养分含量随着压沙时间的延长而逐渐降低^[38]。这是由于在压沙前期,土壤的水热条件发生变化,促进了土壤中有机质的分解、转化以及肥力的有效利用,但是随着压沙时间的延长,表层砾石不断进入土壤,导致沙田增温保墒功能逐渐下降,在不施肥情况下,沙田土壤肥力逐渐降低^[39]。秸秆覆盖促进了土壤酶活性的提高和微生物数量的增加,由此促进了土壤中物质的转化,增加了土壤中腐殖质的含量,提高了土壤肥力^[40]。与上述2种覆盖方式相比,秸秆覆盖不仅能提高土壤养分的利用效率,而且还可以培肥土壤,调节土壤的养分供给,卜玉山等研究表明,秸秆覆盖还能够不同程度增加土壤有机质和速效养分含量,地膜覆盖降低了表层土壤有机质含量^[41]。土壤0~10 cm土层的有机质、速效养分含量与秸秆覆盖量呈极显著回归关系^[42]。

1.8 不同覆盖措施对土壤微生物和酶活性的影响

旱区农田采用不同的地表覆盖物,可不同程度地改变土壤湿度、温度,进而影响土壤酶活性与微生物群落发育^[43]。吴宏亮等研究表明,砾石覆盖改善了农田水分和温度条件,首先影响土壤微生物类群组成及数量,进而影响土壤酶的酶促反应,从而加速土壤潜在养分的分解,土壤供肥能力增强^[44]。砾石覆盖减少了外界有机物质直接进入土壤的途径,在施肥困难的情况下,土壤中的有机质含量随着压沙年限的增加而不断降低,因此土壤中微生物的数量会随着砾石覆盖年限的增加而减少,生理活性也随之下降;土壤中酶活性呈现上高下低的分层现象^[45-46]。地膜覆盖措施下保墒作用可促进土壤养分释放,从而提高了土壤酶活性。同时,地膜覆盖可有效减少土壤水分蒸发,保持并稳定土壤温度,有利于细菌和真菌的生长^[47]。地表覆盖的砾石层阻断了外界有机物进入土壤的途径,从而改变了土壤微生境,导致土壤中微生物的数量发生变化。与此同时,土壤的酶活性也以砾石覆盖11年为界,呈现先增后减的趋势,当砾石覆盖的年限超过15年时,土壤的酶活性已不适宜作物生长,造成作物减产^[48]。秸秆覆盖和地膜覆盖2种覆盖措施与无覆盖相比虽然都能提高土壤中微生物数量和土壤的酶活性,但是,地膜覆盖的作用不明显^[44]。秸秆覆盖和地膜覆盖处理下,土壤中微生物的数量和土壤的酶活性总体上表现出上多下少的现象^[47]。这是由于秸秆覆盖还田改善了土壤原有的有机质条件,土壤的水、气、热状况也逐渐改善,从而使土壤微生境发生了变化;表层土壤与下层土壤相比,能更好地与外界进行水分、物质、热量交换,更有利于微生物生存^[27]。综上所述,在提高土壤的酶活性和微生物数量以及生物功能方面,砾石覆盖和秸秆覆盖都优于地膜覆盖。

2 不同覆盖措施对作物生长发育及产量的影响

2.1 对作物生长发育的影响

秸秆覆盖、地膜覆盖、砾石覆盖都能起到增温、保墒的作用,对作物的生长发育产生一定影响。在地膜覆盖和秸秆覆盖条件下,作物的株高、茎粗、叶片面积、根系活力以及干物质积累量都较无覆盖条件明显增高^[49-50]。与秸秆覆盖相比,地膜覆盖对玉米生长发育的影响主要表现在玉米生长前期,秸秆覆盖在玉米生长的中后期促进作用较大,在地膜覆盖条件下,玉米表现出早衰现象^[51]。在秸秆覆盖条件下,玉米的出苗期较无覆盖条件下延迟,但是在玉米生长后期,与无覆盖相比,秸秆覆盖下玉米的生长发育具有明显的优势^[52],这是由于当外界温度较低时,秸秆吸收了一定的太阳辐射,导致秸秆覆盖下的温度低于无覆盖条件,从而延长了玉米的出苗期。但是秸秆覆盖能增强玉米根系活力,显著增强玉米对土壤中水分、养分的吸收能力^[53],有利于玉米生长发育。

2.2 对作物产量的影响

地表覆盖作为一种土壤调控技术,不仅能提高水分利用效率,促进土壤温度升高,起到保水保墒的作用,而且能够改善土壤物理性状,起到抑制杂草生长、减轻土壤盐碱化程度、改善土壤微生物环境等作用,为作物生长提供了适宜的水、肥、热等条件,从而提高作物产量^[3]。地表覆盖改善了耕层及近地面的微环境,这3类地表覆盖材料均具有显著的增温保墒作用,活化土壤养分,提高了土壤养分有效性和水分利用

效率,有利于早出苗和促进苗期生长。由于降水的不均衡性,地膜覆盖在不同年份的增产作用差别很大,在干旱严重的年份,不适当的覆膜会因覆膜后期增温速度过快而导致作物减产。秸秆覆盖能延缓作物绿叶衰亡,延长光合作用有效时长,从而显著提高作物产量^[54]。在高温干旱地区,秸秆覆盖条件下的增产效果要明显好于地膜覆盖^[55]。宁南山区春玉米整秸秆覆盖条件下产量增加了130.98 kg/hm²,而黄淮海地区夏玉米在秸秆覆盖条件下能显著增加籽粒产量^[56]。砾石覆盖对作物产量的影响主要受到压沙年限的影响,压沙初期,砾石对土壤的增温、保墒效果好,压沙5年,西瓜的产量最高,但随着压沙年限的增加,土壤肥力逐渐下降,西瓜的产量随着压沙年限的增加而逐年降低,当压沙年限超过20年时,土壤不再适宜种植西瓜^[57]。无论是秸秆覆盖、地膜覆盖还是砾石覆盖,要想达到增产的效果,需要结合当地的气温、降水等条件,选择覆盖的方式、秸秆的覆盖量、覆盖的时间以及覆盖时间的长短等。

3 结论与讨论

作为土壤管理技术之一的地表覆盖技术具有蓄水保墒、培肥地力、减少水土流失、调节微域生态系统环境等生态功能,现已成为世界上许多国家和地区广泛采用的土壤管理调控技术之一。目前我国农业生产中广泛应用的覆盖材料为秸秆、地膜、砾石。地表覆盖为作物生长提供了特殊的土壤生态环境,促使土壤物理、化学性质和生物学性状发生变化,使植株早发快长,并能有效延长作物生长期。地表覆盖可以改善土壤结构,增加土壤蓄水保墒能力,使有效土壤水更多地用于植物生长,从而扩大叶面积,有助于作物的生长和产量的形成。其中,秸秆覆盖措施对提高土壤孔隙度、减缓土壤有机质和速效钾含量下降速率、促进作物生长和提高产量具有很好的效果,明显优于其他地表覆盖方法。地膜覆盖能够提高地温、抑制土壤表层水分的蒸发、抑制土壤盐渍化的发生,缩短了作物出苗期,促进了作物生长发育,提高了农作物的品质和产量。与秸秆覆盖和地膜覆盖相比,砾石覆盖不仅能减少土壤蒸发,增加降雨入渗,减弱土壤侵蚀,提高和调节土壤温度,而且不会对土壤造成污染,在我国的旱作农业中能够起到重要的抗旱保墒作用。地膜覆盖、秸秆覆盖、砾石覆盖3种覆盖措施在各个区域的适应性以及局限性还有待于进一步研究,尤其是如何选择覆盖的方式、时间以及覆盖时间的长短等以达到最佳的增产效果还需要更加深入的研究。

参考文献:

- [1] 吴 婕, 朱钟麟, 郑家国, 等. 秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响[J]. 西南农业学报, 2006, 19(2): 192-195.
- [2] 钟 芳, 李正平, 宋耀选, 等. 黄土高原西部土壤蒸发实验研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(4): 608-611.
- [3] 沈裕虎, 黄相国, 王海庆. 秸秆覆盖的农田效应[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 45-50.
- [4] 刘春光, 于 雷, 卢景忠. 浅析保护性耕作对土壤物理、化学和生物肥力的影响[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(6): 48-51.
- [5] 于晓蕾, 吴普特, 汪有科, 等. 不同秸秆覆盖量对冬小麦生理及土壤温、湿状况的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(4): 41-44.
- [6] 崔向新, 蒙仲举, 高 永, 等. 不同粒径砾石覆盖对土壤水分蒸发的影响[J]. 中国农村水利水电, 2009(3): 21-23.

- [7] 李晓黎. 地膜覆盖技术对土壤温湿条件及苗木生长的影响[J]. 山东林业科技, 2013(1): 74-75.
- [8] 王树森, 邓根之. 地膜覆盖增温机制研究[J]. 中国农业科学, 1994, 24(3): 51-52.
- [9] Bu L D, Liu J L, Zhu L, et al. The effects of mulching on maize growth, yield and water use in a semi-arid region[J]. *Agricultural Water Management*, 2013, 123(10): 71-78.
- [10] Xie Z K, Sukhdev S M. Effects of gravel-sand mulch, plastic mulch and ridge and furrow rainfall harvesting system combinations on water use efficiency, soil temperature and watermelon yield in a semi-arid Loess Plateau of northwestern China [J]. *Agricultural Water Management*, 2011, 101: 88-92.
- [11] 冀宏, 黄雄, 郑健, 等. 不同覆盖条件对土壤水分蒸发的影响[J]. 节水灌溉, 2010(4): 29-32.
- [12] 宋凤斌, 戴俊英. 干旱胁迫下秸秆覆盖增强玉米耐旱性的研究[J]. 中国沙漠, 2001, 21(增刊1): 58-62.
- [13] Cerda A. Effects of rock fragment cover on soil in filtration, interrill run off and erosion[J]. *European Journal of Soil Science*, 2001, 52(1): 59-68.
- [14] 雒焕炳. 白银地区砂田的防旱作用及其耕作[J]. 干旱地区农业研究, 1991(1): 37-45.
- [15] 李卓, 吴普特, 冯浩, 等. 容重对土壤水分蓄持能力影响模拟试验研究[J]. 土壤学报, 2010, 47(4): 611-620.
- [16] 陈学文, 张晓平, 梁爱珍, 等. 耕作方式对黑土硬度和容重的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(2): 439-444.
- [17] 李凤博, 牛永志, 高文玲, 等. 耕作方式和秸秆还田对直播稻田土壤理化性质及其产量的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 549-552.
- [18] 余海龙, 黄菊莹. 砂田砾石覆盖对土壤大孔隙特征及其土壤水文过程的影响研究进展[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 284-288.
- [19] 解红娥, 李永山, 杨淑巧, 等. 农田残膜对土壤环境及作物生长发育的影响研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊1): 153-156.
- [20] Radke J K. Small grain covercrops and wheel traffic effects on infiltration, runoff, and erosion[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2001, 56(2): 160-164.
- [21] 王安, 郝明德, 臧逸飞, 等. 秸秆覆盖和留茬的田间水土保持效应[J]. 水土保持研究, 2013, 20(1): 47-51.
- [22] 王畅, 李永梅, 王自林, 等. 稻草编织物覆盖对坡耕地红壤侵蚀及理化性质的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(5): 68-72, 83.
- [23] 邢向欣, 郑毅, 汤利. 稻草编织物覆盖对坡耕地红壤土壤侵蚀和养分流失的控制作用[J]. 土壤通报, 2012, 43(5): 1237-1241.
- [24] Shi P J, Liu L Y. Influence of pebble size and cover on rainfall interception by gravel mulch[J]. *Journal of Hydrology*, 2005, 312: 70-79.
- [25] 刘小平, 董治宝. 砾石床面的空气动力学粗糙度[J]. 中国沙漠, 2003, 23(1): 38-45.
- [26] 闻杰, 王聪翔, 侯立白, 等. 秸秆还田对农田土壤风蚀影响的试验研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(4): 678-681.
- [27] Inoue M. Effects of gravel mulch on water vapor transfer above and below the soil surface[J]. *Agricultural Water Management*, 2004, 67(2): 145-155.
- [28] 段义忠, 充福仁. 不同覆盖材料对旱地马铃薯土壤水热状况及其水分利用效率的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(5): 55-59, 66.
- [29] Huang Y L, Chen L D, Fu B J, et al. The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau; straw mulch and irrigation effects [J]. *Agricultural Water Management*, 2005, 72(3): 209-222.
- [30] 陈素英, 张喜英, 裴冬. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 171-173.
- [31] 刘毓中. 对地膜覆盖棉田增温, 保墒, 提墒和地面水入渗补给作用机理的探讨[J]. 灌溉排水学报, 1989(3): 55-59.
- [32] Unger P W. Soil water accumulation under different precipitation, potential evaporation, and straw mulch conditions [J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2001, 65(2): 442-448.
- [33] 邓力群, 陈铭达, 刘兆普, 等. 地面覆盖对盐渍土水热盐运动及作物生长的影响[J]. 土壤通报, 2003, 34(2): 93-97.
- [34] 刘铭, 吴良欢. 覆膜旱作稻田土壤有效 N、P、K 及盐分分层变化研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(5): 570-573.
- [35] 黄强, 殷志刚, 田长彦, 等. 两种覆盖方式下的土壤溶液盐分含量变化[J]. 干旱区地理, 2001, 24(1): 52-56.
- [36] 刘建新. 不同农田土壤酶活性与土壤养分相关关系研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(4): 523-525.
- [37] Liu J L, Zhu L, Luo S S, et al. Response of nitrous oxide emission to soil mulching and nitrogen fertilization in semi-arid farmland [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2014, 188(5): 20-28.
- [38] 胡景田, 马琨, 王占军, 等. 荒地不同压砂年限对土壤微生物区系、酶活性与土壤理化性状的影响[J]. 水土保持通报, 2010, 30(3): 53-58.
- [39] 许强, 吴宏亮, 康建宏, 等. 旱区砂田肥力演变特征研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 37-41.
- [40] Amato M. Soil microbial biomass: its assay and role in turnover of organic matter C and N [J]. *Oil Biology and Biochemistry*, 2004, 36(9): 1369-1372.
- [41] 卜玉山, 苗果园, 周乃健, 等. 地膜和秸秆覆盖土壤肥力效应分析与比较[J]. 中国农业科学, 2006, 39(5): 1069-1075.
- [42] 晋凡生, 张宝林. 免耕覆盖玉米秸秆对旱地土壤环境的影响[J]. 生态农业研究, 2000, 8(3): 47-50.
- [43] 张洁, 姚宇卿, 吕军杰, 等. 豫西旱地长期保护性耕作土壤酶活性及其与肥力关系[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 142-146.
- [44] 吴宏亮, 许强, 陈阜, 等. 不同覆盖措施对旱区农田土壤酶活性及西瓜产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(3): 173-178.
- [45] Singh D P. Microbial biomass C, N and P in disturbed drytropical forest soils, India [J]. *Pedosphere*, 2010, 20(6): 780-788.
- [46] Cabello M N, Sarena D E. Spatio-temporal patterns of soil microbial and enzymatic activities in an agricultural soil [J]. *Applied Soil Ecology*, 2001, 18(3): 239-254.
- [47] 温晓霞, 殷瑞敬, 高茂盛, 等. 不同覆盖模式下旱作苹果园土壤酶活性和微生物数量时空动态研究[J]. 西北农业学报, 2011, 20(11): 82-88.
- [48] 邱阳, 王亚军, 谢忠奎, 等. 砾石覆盖年限对连作农田土壤微生物和酶活性的影响[J]. 水土保持通报, 2011, 31(5): 65-68, 181.
- [49] 李玉鹏, 贾志宽, 杨保平, 等. 秸秆覆盖量对半干旱区旱作春玉米生长及水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(1): 117-120.
- [50] Sinath P, Makara O. Effects of straw mulch on mungbean yield in rice fields with strongly compacted soils [J]. *Field Crops Research*, 2011, 124(3): 295-301.

张军林,郭晓红,谢立兰,等. 磷脂酶 D 及其产物磷脂酸的调控和功能研究进展[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):15-18.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.004

磷脂酶 D 及其产物磷脂酸的调控和功能研究进展

张军林^{1,2}, 郭晓红^{1,2}, 谢立兰^{1,2}, 梅辉^{1,2}, 李毅^{1,2}

[1. 武汉生物工程学院生物科学与技术学院应用生物技术研究中心,湖北武汉 430415;

2. 湖北省病毒载体(基因治疗)工程技术研究中心,湖北武汉 430415]

摘要:磷脂酶 D 是广泛存在于动植物各种组织和细胞中的一类磷酸二酯酶,自身及其代谢产物磷脂酸可以调控细胞内许多生理生化活动,例如细胞内囊泡运输、细胞表面受体的信号传导和细胞骨架蛋白重组等。本文主要讨论哺乳动物磷脂酶 D 家族的分子生物学特点,及其代谢产物磷脂酸在磷脂酶 D 调控细胞生理和代谢性疾病上所发挥的重要作用。

关键词:磷脂酶 D;磷脂酸;细胞调控;囊泡融合

中图分类号: Q556 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0015-04

磷脂酶 D (phospholipase D, PLD) 最先是在胡萝卜提取物中发现的,具有磷酸二酯酶的活性,可以专一地水解卵磷脂产生脂质第二信使磷脂酸 (phosphatidic acid, PA) 和胆碱。PLD 超家族成员广泛存在于病毒、细菌、酵母菌、植物及动物体中。在哺乳动物细胞中,除白细胞和少数淋巴细胞外,均有 PLD 活性存在。20 世纪 90 年代,研究人员克隆了 PLD 基因,发现 PLD 的活性及其代谢产物对动物的生理过程和某些疾病发生产生影响,如炎症、糖尿病、细胞骨架重建、囊泡运输和胞外分泌、肿瘤形成,以及嗜中性粒细胞氧化呼吸链的阻断等。这些发现均来自于 PLD 的磷酸基团转移作用,即在有水或一级醇(如乙醇、丁-1-醇)存在时,PLD 能催化水解卵磷脂产生 PA 和磷脂酰乙醇或磷脂酰丁-1-醇。PA 作为 PLD 在细胞中的主要代谢产物,在细胞内受到严格的调控。PA 还可以被转化成为另外 2 个具有生物活性的脂质分子,甘油二酯 (diacylglycerol, DAG) 和溶血磷脂酸 (phosphatidic acid, LPA)。PA 与这 2 个活性分子参与细胞中骨架蛋白重建、囊泡运输和受体信号传导等重要生理过程。本文主要讨论哺乳动物 PLD 代谢的前体和产物,尤其是磷脂酸在 PLD 功能发挥中的作用。

收稿日期:2015-06-11

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(编号:31302148)。

作者简介:张军林(1981—),男,博士,副研究员,主要从事磷脂酶 D 调控与病毒载体改造方面的研究。E-mail: junlinkx@163.com。

通信作者:李毅,博士,教授,主要从事细小病毒分类和分子生物学研究。E-mail: johnli2668@hotmail.com。

1 磷脂酶 D 家族分子生物学特点

从植物、细菌和哺乳动物中克隆的磷脂酶 D 组成一个基因家族,具有一系列高度保守序列和特征,这个基因家族包括细菌 PLD、磷酸转移酶/磷脂合成酶、核酸内切酶和一些病毒外壳结构蛋白。目前对动物体中对 PLD1、PLD2 的研究较多,主要关注点是磷脂酰胆碱专一性磷脂酶 D 在糖尿病中性粒细胞和心脏、血管、肾脏、神经组织细胞中的酶活性改变,及其引起糖尿病各种并发症改变的信号传导途径。PLD3、PLD4、PLD5 基因是最近克隆出来的,它们具有与 PLD1、PLD2 相似的功能域(图 1),但其功能和表达调控的研究才刚刚开始。总之,PLD 作为细胞信号传导中重要的酶分子,参与了细胞功能的诸多方面,其具体的作用机制研究成为目前关注的热点。

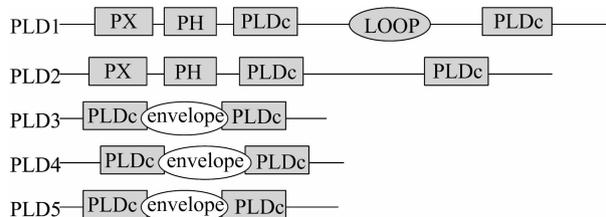


图1 哺乳动物 PLD 家族的主要功能域

1.1 磷脂酶 D 家族的分子结构

所有克隆得到的真核生物 PLD 都具有一个相对保守的核心催化功能域 (PLDc)、N-末端、C-末端区域。PLD 催化核心域一般有 I ~ IV 个域组成。在这 4 个短序列区域中,域

[51] 李月兴,张宝丽,魏永霞. 秸秆覆盖的土壤温度效应及其对玉米生长的影响[J]. 灌溉排水学报,2011,30(2):82-85.

[52] Sarkar S, Singh S R. Interactive effect of tillage depth and mulch on soil temperature, productivity and water use pattern of rainfed barley (*Hordium vulgare* L.) [J]. Soil & Tillage Research, 2007, 92(1/2):79-86.

[53] 邹聪明,王国鑫,胡小东,等. 秸秆覆盖对套作玉米苗期根系发育与生理特征的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(3):496-500.

[54] 朱自玺,刘荣花. 秸秆覆盖农田的小气候特征和增产机理研究

[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(6):123-128.

[55] Li R, Hou X Q, Jia Z K, et al. Effects on soil temperature, moisture, and maize yield of cultivation with ridge and furrow mulching in the rainfed area of the Loess Plateau, China [J]. Agricultural Water Management, 2013, 116(1):101-109.

[56] 鲁向晖,高鹏,王飞,等. 宁夏南部山区秸秆覆盖对春玉米水分利用及产量的影响[J]. 土壤通报,2008,39(6):1248-1251.

[57] Ma Z M. Effects of watermelon replanting on yield and quality and soil quality of sandy land [J]. Gansu Agric Sci Technol, 2011, 6:5-8.