

包膜控释肥及其膜材的研究进展

王 超,杨子明,焦 静,宋书会,何祖宇,周 闯,刘运浩,李普旺*

(中国热带农业科学院南亚热带作物研究所,湛江 524091)

摘要:化肥在提高作物产量的同时也带来很多问题,由于作物对肥料的吸收是一个缓慢过程,大量的肥料不能及时被作物吸收而造成了环境污染,因此,有效提高传统化学肥料的利用率,能够减少对环境的污染。包膜控释肥在一定条件下能够实现对肥料养分释放速率的调控,显著提高肥料利用率,减少因肥料流失造成严重的环境污染。包膜控释肥的膜材是决定肥料控释性能的关键因素之一,本文对比分析了不同性质的膜材的优缺点及其对肥料控释性能的影响,解释了包膜控释肥养分释放机制,阐述了包膜肥在现实应用中存在的问题及对未来发展的展望。

关键词:包膜肥;控释;膜材

引言

化肥在农作物生产过程具有举足轻重的作用,作物 40%~60% 的产量是靠化肥起作用的,对推动农业的发展具有重要作用^[1]。然而,化肥投入到土壤中并不能很快地被作物吸收利用,大部分通过挥发、径流、下渗等途径排放到江河湖海、地下水、大气中,这不仅造成直接的经济损失,更是造成环境的严重污染(水富营养化、地下水污染和温室效应等)^[2,3]。据统计,我国氮肥和钾肥的利用率仅仅只有 30%~40%,磷肥的利用率只有 10%~25%,比美国等发达国家低 50%~60%^[4]。因此,积极努力地开展新型肥料的研究具有重要意义。

包膜肥料是一种新型缓控释肥料,是以传统化学肥料颗粒为核心,通过在肥料表面涂覆一层膜材料,从而调节肥料养分的释放速率,进而为提高肥料利用率,减少污染环境,实现肥料的长效性提供了新思路^[5]。而包膜肥料养分控释性能的关键取决于成膜材料,膜材的结构性能决定了能否实现肥料养分的有效释放^[6]。本文将围绕包膜肥料成膜材料的主要类型及各自的特点进行综述,为研发高效稳定、环境友好的新型包膜肥料提供参考。

1 无机包膜控释肥

无机包膜肥料的研究最早开始于 20 世纪 60 年代初期,主要以美国、日本、英国等发达国家为研究主体,其目的是通过特定技术手段提高化肥的利用率。无机包膜材料主要包括硫、矿质材料(蒙脱土、沸石、凹凸棒、硅藻土等)、化肥(石膏、磷酸盐等)以及生物碳等^[7,8]。这类包膜材料一般需要配合粘结剂将其粘连在肥料颗粒的表面,并可以通过膜层数量和厚度进行养分释放速率的调节。

1.1 硫包膜

美国田纳西流域管理局(Tennessee Valley Authority,TVA)国家化肥中心在 1961 年通过将熔融态的硫磺喷涂在尿素颗粒的表面,通过骤冷固化的方法,制备了早期的硫磺包膜肥料^[9]。然而,由于硫磺质地比较脆,作为肥料包膜材料制备的包膜肥料,容易在运输过程中肥料之间碰撞导致膜壳破裂,不便运

10.14028/j.cnki.1003-3726.2020.09.004

收稿:2020-04-03;修回:2020-06-22;

基金项目:海南省自然科学基金(319QN297),中央公益性科研院所基本科研业务费(1630122017009);

作者简介:王超(1990-),男,研究实习生,从事新型肥料的研究;

* 通讯联系人:李普旺,研究员,E-mail:puwangli@163.com.

输。此外,由于硫磺包膜肥料的膜壳耐水性低,使膜内的肥料渗透迅速,从而导致肥料的控释性能差。为进一步提高硫磺包膜肥料的控释性能,美国 TVA 采用二次包膜法,使用沥青、石蜡等作为密封剂在硫包膜肥的外层进行二次包膜,使膜材的抗水性能、机械性能、缓释能力得到很大的提升。日本三井东压化学公司在硫磺包膜材料中添加了硅藻土和水滑石等调节剂,也使硫包膜尿素养分的释放性能得到有效的改善^[8]。Liu 等^[10]采用双环戊二烯对硫磺进行改性,成功通过阻止硫磺从单斜硫到斜方硫的相变,从而避免了硫壳的龟裂,进而提高了硫磺包膜材料的强度和耐磨性。山东农业大学的贾聪报道了美国的一项专利,通过将多元醇、硫磺和多异氰酸酯混合并喷涂到肥料表面形成硫-聚氨酯复合膜,可有效增加肥料养分的控释能力^[11]。Yang 等^[12]研究了不同膜层厚度对聚合物硫包膜尿素养分释放特征的影响,结果发现,聚合物硫包膜尿素能够改变单纯硫包膜尿素的破裂释放模式,从而使养分的释放更加平缓。

单纯的硫磺涂膜对膜材的用量是有要求的,用量太少不能形成致密膜,表面会有许多孔隙,如果用量太多就会造成肥料包裹得太严实,养分不能释放出来,而且硫磺形成的膜壳容易破裂,其养分控释效果很差^[13]。为弥补硫磺作为肥料的包膜材料成膜后膜壳多孔隙的缺点,在进行肥料包膜时,必须与石蜡或树脂等密封剂配合使用,从而减少成膜后的膜壳孔隙,但是,长期使用硫磺包膜肥料会导致土壤酸化。因此,不利于长期推广应用。

1.2 肥包膜

利用化学肥料作为包膜材料,可以实现包膜肥料的全利用,当核心肥料养分释放完后,残留的外层膜壳通过分解可以继续为植物提供养分^[14],这类包膜材料对控释肥料的发展具有重要意义。最早的使用化肥做包膜材料的研究是由中国科学院李庆选院士课题组提出的,他们以钙镁磷肥为膜材制备了具有长效控释性的碳铵包膜肥料,研究结果表明,该肥料应用于农田中能够起到增产效果^[8]。1980 年以后,肥包肥的研究在国内高校陆续展开,其中,郑州大学肥料研究所研制出三种肥包膜复合型缓释肥料:酸化磷矿粉包裹尿素、磷酸铵钾包裹尿素和钙镁磷肥包裹尿素。这类肥料在国内得到了推广应用^[15]。Lu 等^[16]通过对尿素分子的研究,以尿素为原料研制出聚脲包膜肥料,不仅节约了资源,还降低了原料成本。肥包肥虽然对核心肥料有一定的缓控属性,但究其根本,其外壳还是化肥,内核肥在溶解释放的过程中,外壳肥也会随之溶解释放,作物如果吸收不及时,同样会造成肥料养分的流失,另外,大部分肥包膜材料的主要成分是磷酸盐,而这种只有在酸性土壤中能够被作物利用,除此之外,一般都是长期稳定的滞留在土壤中。

1.3 生物碳包膜

生物炭是通过在高温缺氧的条件下将秸秆、竹材及农林废弃物等材料热解得到的固体产物,将其用作肥料的包膜材料能够起到抑制氨挥发的作用,能够有效提高氮素的利用率,并同时增加土壤的孔隙度和保水能力^[17]。

生物炭由于在提高农业效益、降低环境污染和恢复退化的土地等方面具有积极效应,因此,可以被用作控释肥的包膜材料^[18]。Wen 等^[19]通过将棉花秸秆、丙烯酸、2-丙烯酰胺-2 甲基丙磺酸和膨润土组成的聚合物基质引入到 NH_4^{+} 生物炭中,制备了复合生物炭基缓控释肥。研究表明,该肥料在 30 天后,肥料的释放量仅仅为 69.8%,显著地提高了肥料的利用率。Chen 等^[20]以生物炭、聚乙烯醇与聚乙烯吡咯烷酮共聚物作为包膜材料,研究表明,生物炭降低了共聚物的吸水性,改善了包膜尿素的释放性能。钟旋等^[21]通过硫化床喷雾包膜装置以醋酸酯淀粉、尿素和稻壳生物炭为原料,成功地制备了稻壳生物炭(RHBC)/醋酸酯淀粉(AS)-尿素(UR)复合包膜控释肥,稻壳生物炭的加入降低了复合膜的质量损失率,提高了复合膜的热稳定性,同时也提高了控释肥养分的释放性能。Zhou 等^[22]通过生物炭改性水性聚丙烯酯膜材料,研究表明,在水稻培养初期,土壤中微生物群落的活性和功能多样性有所下降,这可能是由于膜材溶解出的有机物导致的,经过一年后,又恢复正常,这不仅说明水性聚丙烯酯材料具有良好的环境友好型,同时,也说明该材料具有作为肥料涂层的潜力。

无机包膜材料虽然具有来源广、价格低廉的特点,但是由于膜壳弹性差、质脆,其包膜肥料多以“破裂

机制”释放养分,导致控释效果不理想。

2 有机包膜控释肥

有机高分子材料是目前研究者普遍认同的能够最大限度实现养分释放与作物需求相同步的包膜材料,通常可分为天然高分子、有机合成高分子(石油基聚合物)和生物质基高分子包膜材料三类。

2.1 天然高分子包膜

天然高分子材料是一种广泛存在于自然界中的可再生资源,主要包括淀粉、壳聚糖、海藻酸钠、纤维素和木质素等^[23],具有来源广、无毒、价廉易得、对环境友好等特点,备受研究者的关注。但天然高分子材料存在自身结构的局限性,容易被微生物降解,用作肥料的包膜材料会导致养分释放较快,不能满足作物的生长需求。因此,大部分天然高分子材料都要经过物理或化学改性才能使用。Lu等^[24]制备了以黄原胶为塑化剂,醋酸酯淀粉与弱交联的羧甲基淀粉为包膜的缓控释肥料,该肥料养分释放的持续时间能达20天。Zhong等^[25]将改性淀粉对磷酸盐进行包膜,制备出既具有保水性,又能够控释的包膜磷肥料,有效地提高了磷肥的利用率。天然纤维素经过醚化改性后制得的乙基纤维素具有较强的疏水和成膜性,被广泛用作肥料的包膜材料。Wang等^[26]利用了海洋多糖(海藻酸钙和壳聚糖-戊二醛共聚物)和微晶蜡配制了一种新的环保型双涂层控释肥,通过对该肥料控制释放方式的调节,表现出优异的控释性能。

天然高分子材料虽然来源广泛,对环境不会造成污染,但是因材料自身易受微生物的分解,导致包膜肥的养分释放周期短,不能满足作物整个生长发育期对营养的需求,不利于在农业上的推广应用。

2.2 有机合成高分子包膜

有机高分子包膜肥料是一种利用化学性质稳定的聚合物膜材对肥料颗粒进行包覆,使肥料养分按照作物养分的需求规律释放的新型肥料。这些包膜肥料具有优异的耐磨性、耐水性和控释性,并且肥料的控释周期较长,肥料养分的供应与作物需肥规律相一致。目前,有机合成聚合物包膜肥料是国内很多高校及企业研究的重点和主要发展方向。

有机高分子聚合物包膜材料主要有酚醛树脂、聚烯烃类、脲醛树脂等^[27]。美国的ADM(Archer Daniels Midland)公司最先以二聚环戊二烯和乙二醇酯共聚形成的热固性树脂作为包膜材料包裹尿素,并实现了树脂包膜颗粒肥的工业化生产,其产品名为Osmocote,已被公认为世界著名的控释肥品牌。随后日本研发出热塑性包膜肥料,并使用滑石粉和金属氧化物作为致孔剂,改善膜材的通透性,并研发了不同控释周期的聚烯烃包膜控释肥。

随后,我国也相继开展了聚合物包膜肥料的研究工作,使肥料养分的利用率得到有效提升。西南科技大学李娜等^[28]用聚乙烯醇缩甲醛包膜脲醛-石膏-膨润土基玉米缓释氮肥和缓释复合肥,使肥料的缓控释性能得到显著提高。Li等^[29]采用转鼓包膜工艺,通过原位聚合反应,在尿素颗粒的表面反应形成了一层厚度仅为10~15 μm 的聚氨酯包膜层,并通过添加适量的塑化剂石蜡提高聚合物的流动性,使形成的膜壳更好地铺展在颗粒肥的表面形成更薄的壳层,这不仅降低了生产成本,而且使尿素的缓释时间提高到40~50天。脲甲醛肥料是常见的包膜控释肥,但由于其生产成本较高,主要用于高尔夫球场草坪、温室大棚和花卉种植等高端作物的种植^[30]。Yang等^[27]用聚乙烯作为尿素颗粒的包膜材料,制备了5种不同释放周期的聚乙烯包膜控释肥,它们均表现出良好的养分控释性。

有机合成高分子材料用作肥料的包膜材料虽然表现出一系列的优点,如良好的粘附性好、耐磨性、对土壤环境不敏感性等,但大多数的聚合物膜材都是通过石油资源合成得到的,而随着石油资源的日益枯竭和价格的不断上升,聚合物包膜材料的成本也在不断上升。除此之外,聚合物包膜肥料的生产工艺复杂,膜壳不易降解,生产过程中聚合物溶于有机溶剂,在加工过程中会因有机溶剂的挥发而造成空气的污染。因此,很难在农业上大面积推广使用。

2.3 生物质基高分子包膜

随着人们环保意识的增强和农业绿色可持续发展的要求,研究者们开始积极寻找绿色高效、价格低廉、可降解的包膜材料替代不可再生的石油基聚合物。生物质材料(如农业秸秆、植物油、木材等)作为丰富的可再生资源具有价格低廉、来源广和可生物降解的特性,为新型可降解包膜控释肥的研发提供了新的思路。

生物质材料本身含有丰富的羟基,通过热液化技术将淀粉、木材、秸秆等材料转化成具有高反应活性羟基等官能团的多元醇,然后与异氰酸酯等原料反应可制备生物质基聚氨酯。近年来,山东农业大学张民教授课题组在此方面开展了系列研究,先后使用液化玉米秸秆^[31]、液化麦秆和蓖麻油^[32]、液化木屑^[33]、转基因大豆油^[34]、棉籽油等^[35]原料中的多元醇合成生物质基聚氨酯或环氧树脂,并通过转鼓包膜工艺制备出可生物降解的包膜控释肥料,不仅实现了低成本的废弃物和副产物的高值化利用,还解决了聚合物包膜材料难降解的问题。Li 等^[36]通过甘蔗渣液化物和双酚-A 二缩水甘油醚反应,制备得到了性能优异且生物降解的环氧树脂包膜材料,显著减缓了包膜肥料养分的释放速率。Sun 等^[37]使用混合植物油通过无溶剂原位表面反应制备的包膜肥料,极大提高了肥料的控释性能,有效延长了肥效期。

然而,生物质基聚合物含有较多的亲水基团,使形成的膜层耐水性差,用其制备的包膜控释肥的养分控释效果不理想,难以满足作物对养分的需求。因此,要使用这类材料作为膜材,必须对其进行一系列的改性。Liu 等^[38]用废棕榈油开发了生物基弹性聚氨酯包膜尿素肥料,通过丙烯腈对聚氨酯进行溶胀改性,该材料的溶胀性能得到显著提高,进而降低了养分释放速率,使养分释放周期从 50 天提高到 80 天。Liu 等^[39]以废弃大豆油为原料,采用化学合成技术制备出大豆油基聚氨酯,并利用有机硅对大豆油基聚氨酯进行改性,极大地提高了膜材的疏水性,当有机硅添加量达 20% 时,包膜肥料释放周期可达 70 天,不仅提高了膜材的耐水性,也延长了肥效期。Liang 等^[40]通过调节羟基/异氰酸酯摩尔比制备了蓖麻油基聚氨酯包膜肥,使 5% 包膜率的控释肥的养分释放寿命从 20 天增加到 140 天。Xie 等^[34]以棉籽油为原料,通过增加聚氨酯表面粗糙度和降低膜材料表面能,并通过对包膜材料的硅烷化处理,最后成功制备出超疏水生物基聚氨酯包膜控释肥。使用可再生资源的生物质材料作为控释肥的包膜材料,对于研发低成本、环境友好型包膜控释肥具有重要的现实意义。

3 包膜控释的释放机理

控释肥的控制释放机理是衡量肥料有效性的关键因素。通过研究控释肥养分释放机理,可以发现控释肥养分释放特性,从而更好地掌握控释肥的控释效果,提高肥料利用率。包膜控释肥的养分释放除了受外界环境因素(温度、湿度、pH)的影响外,还受包膜材料的结构与性质的影响^[28]。一般认为,养分的释放分两个阶段:第一阶段是外界水分子通过膜层渗透到核心肥料并溶解,使膜壳内部的渗透压增大;第二个阶段就是核心肥料溶解后养分通过膜层渗透到外部环境供作物吸收。如果膜壳质脆,此时膜壳容易因内部压力增大出现裂痕或破裂,养分迅速释放出来,这种释放称为“破裂释放机制”;反之,如果膜材韧性好,能够承受住内部的压力,肥料养分就会以扩散的方式缓慢释放出来,这种方式被称为“扩散机制”。

3.1 破裂机制

“破裂机制”的包膜肥料一般在肥料接触水后,水分子慢慢渗透到膜壳内部,导致核心肥料颗粒逐渐溶解,使膜内压力增大,随着吸水量的增大,膜壳的耐受力达到极限后,就会造成膜壳破裂,将养分快速地释放出来。因此,此类包膜肥的养分释放特性曲线呈倒“L”型。

3.2 扩散机制

“扩散机制”的肥料养分释放分为三个阶段:第一阶段属于迟滞期,此阶段由于膜壳耐受力大,外界水蒸气通过缓慢渗透到肥料内部,逐步溶解内部的肥料,此时养分不释放;第二阶段是稳定释放期,随着内部水分越来越多,内部溶液达到饱和,养分开始通过膜壳上的微孔进行稳定释放,释放速率保持不变;第

三阶段属于滞后期,此阶段的核心肥料肥养分含量随着时间逐渐减少,膜壳内外的浓度差也逐渐降低,释放速率便也随之减小,最后含量趋于零。因此,此类包膜肥养分释放特性曲线呈“S”型,更符合作物的需肥规律。

4 展 望

包膜肥料经历了从无机包膜到有机包膜,从天然高分子到有机合成聚合物的发展历程,对于提高肥料利用率具有重要的意义。但仍存在一些问题需要解决,具有很大的研究空间:

(1)包膜材料的制作成本较高,虽然一些低成本膜材已经被研究,但仍因为膜材自身的缺陷需要使用昂贵的有机材料进行改性,无形中又增加了其成本。因此,需要开发高性能、低成本、可降解的新型膜材;

(2)目前的包膜控释肥功能单一,仅仅停留在养分缓释的层面,并不能够根据外界环境的变化来实现对养分的控制释放,从而与作物生长需肥规律相一致;

(3)包膜控释肥的养分单一,目前主要集中在对氮肥的包膜研究上,而对于磷肥、钾肥或者复合肥的包膜研究相对较少,未来的包膜肥料应该向多元素肥料方向发展,可以同时满足作物对多元素的需求;

(4)肥料养分释放性能的评价手段存在局限性,大多数包膜肥料的养分释放性能还停留在实验室的静水中或土柱淋洗中,而包膜控释肥最终是要应用于田间,外界的影响因素才是决定肥效的关键,需要进一步开展静水释放和田间试验相结合的综合评价体系的研究工作。

参 考 文 献:

[1] Timilsena Y P, Adhikari R, Casey P. J Sci Food Agr, 2015, 95(6):1131~1142.

[2] Salvagiotti F, Cassman K G, Specht J E, Walters D T, Weiss A, Dobermann A. Field Crop Res, 2008, 108(1):1~13.

[3] 刘宗岸,杨京平,杨正超,邹俊良. 水土保持学报,2012,2:29~44.

[4] 陈宏坤,徐广飞,高璐阳,郑磊,张素素. 磷肥与复肥,2013,31(12):19~21.

[5] 张宇东,张小平,阎杰,赵新,张潇. 江苏农业科学,2019,47(21):305~308.

[6] 赵秉强. 新型肥料. 北京:科学出版社,2013.

[7] 黄燕,黎珊珊,蔡凡凡,何艳峰,陈畅,刘广青. 土壤通报,2016,47(6):1514~1520.

[8] 王兴刚,吕少瑜,冯晨,徐秀彬,白啸,高楠楠,柳明珠,乌兰. 高分子通报,2016,7:9~22.

[9] 靳莹莹,孙瑞峰,苏聃,徐静,赵硕,程晓奕. 蔬菜,2016,9:40~44.

[10] Liu Y H, Wang T J, Qin L, Jin Y. Powder Technol, 2008, 183(1):88~93.

[11] 贾聪. 生物基树脂包膜控释肥的研究. 山东农业大学. 2019.

[12] Yang Y C, Zhang M, Li Y, Fan X H, Geng Y Q. J Agr Food Chem, 2012, 60(45):11229~11237.

[13] 杨越超,张民,陈剑秋,耿毓清,陈海宁. 化肥工业,2006, 33(1):26~30.

[14] 王恩飞,崔智多,何璐,肖传绪,莫海涛,张小勇. 安徽农业科学,2011, 39(21):12762~12764.

[15] 许秀成,李葭平,王好斌. 磷肥与复肥,2000,15:1~6.

[16] Lu S, Feng C, Gao C, Wang X, Xu X, Bai X, Gao N, Liu M. J Agr Food Chem, 2016, 64(24):4965~4974.

[17] 陈金敏,胡正峰,邓盾,朱明. 黑龙江畜牧兽医,2019,1:39~45.

[18] Cai Y X, Qi H J Y, Liu Y J. J Agr Food Chem, 2016, 64:4958~4964.

[19] Wen P, Wu Z, Han Y Gravotto G, Wang J, Ye B C. ACS Sustain Chem Eng, 2017, 5, 7374~7382.

[20] Chen S, Yang M, Ba C, Yu S., Jiang Y, Zou H, Zhang Y. Sci Total Environ, 2018, (615):431~437.

[21] 钟铨,简秀梅,蒋恩臣,孙焱,王明峰. 复合材料学报,2019, 24(3):1~7.

[22] Zhou Z, Du C, Li T, Shen Y, Zeng Y, Du J, Zhou J. Environ Sci Pollut R, 2015, 22: 8672~8682.

[23] Zhang X, Jiang Y H, Jia C, Lu P F, Chen H K. Polym-Plast Technol Mater, 2019, 58(14):1571~1584.

[24] Lu S Y, Gao C M, Wang X G, Xu X B, Bai X, Gao N N, Feng C, Wei Y, Wu L, Liu M Z. RSC Adv, 2014, 4(93):51208~51214.

[25] Zhong K, Lin Z T, Zheng X L, Jiang G B, Fang Y S, Mao X Y, Liao Z W. Carbohydr Polym, 2013, 92(2):1367~1376.

[26] Wang J, Liu S., Qin Y K, Chen X L, Xing R, Yu H H, Li K C, Li P C. Chin J Oceanol Limn, 2017, 35(5):1086~1093.

- [27] Yang X D, Jiang R F, Lin Y Z, Li Y, Li J, Zhao B Q. *Particuology*, 2018, 36:158~164.
- [28] 李娜,邓跃全,董发勤. *非金属矿*, 2013, 36(4):56~59.
- [29] 鲍先扬, Amjad Ali, 乔冬玲, 刘宏生, 陈玲, 余龙. *高分子学报*, 2015, 9:1010~1019.
- [30] 柳丽敏, 张思虹, 支云飞, 陕绍云, 贾庆明. *现代化工*. 2018, 38(7):26~30.
- [31] Yang Y C, Tong Z H, Geng Y Q, Li Y C, Zhang M. *J Agr Food Chem*, 2013, 61(34):8166~8174.
- [32] Lu P F, Zhang Y F, Jia C, Wang C J, Li X, Zhang M. *BioResources*, 2015, 10(4):7877~7888.
- [33] Zhang S G, Yang Y C, Gao B, Wan Y S, Li Y C, Zhao C H. *J Agr Food Chem*, 2016, 64(28):5692~5700.
- [34] Liu X Q, Yang Y C, Gao B, Li Y C, Wan Y S. *ACS Sustain Chem Eng*, 2017, 5(7):6036~6040.
- [35] Xie J Z, Yang Y C, Gao B, Wan Y S, Li Y C, Xu J, Zhao Q H. *ACS Appl Mater Inter*, 2017, 9(18): 15868~15879.
- [36] Li Y F, Jia C, Zhang X, Jiang Y H, Zhang M, Lu P F, Chen H K. *Prog Org Coat*, 2018, 119:50~56.
- [37] Sun S L, Wang W, Liu F, Zhang L D, Fan X L. *Eur Polym J*, 2019, 120:109194~109200.
- [38] Liu J L, Yang Y C, Gao B, Li Y C, Xie J Z. *J Clean Prod*, 2019, 209:528~537.
- [39] Liu X Q, Yang Y C, Gao B, Li Y C. *J Appl Polym Sci*, 2016, 133(41):44097~44105.
- [40] Liang D S, ZHANG Q, Zhang W B, Liu L X, Liang H Y, Quirino R L, Chen J, Liu M H, Lu Q M, Zhang C Q. *J Clean Prod*, 2019, 210(10):1207~1215.

A Review of Controlled Release Fertilizer and Coating Materials

WANG Chao, YANG Zi-ming, JIAO Jing, SONG Shu-hui, HE Zu-yu, ZHOU Chuang,
LIU Yun-hao, LI Pu-wang*

(*South Subtropical Crop Research Institute, Chinese Academy of Tropical
Agricultural Sciences, Zhanjiang 524091, China*)

Abstract: Fertilizer not only improves crop yield, but also brings many problems. As the absorption of fertilizer by crops is a slow process, a large amount of fertilizer cannot be absorbed by crops in time, which causes environmental pollution. Therefore, effectively increasing the utilization rate of traditional chemical fertilizers can reduce environmental pollution. Coated controlled-release fertilizer can regulate the release rate of fertilizer nutrient under certain processes and conditions, significantly improve the utilization rate of fertilizers and reduce the serious environmental pollution caused by fertilizer loss. The membrane material of coated controlled release fertilizer is one of the key factors to determine the controlled release performance of fertilizers. In this paper the influence of the advantages and disadvantages of different membrane materials on the controlled release performance of fertilizers were compared and analyzed, and the nutrient release mechanism of coated controlled release fertilizers was explained. The problems in the practical application of coated fertilizers and the prospects of its future development were explained.

Key words: Coating fertilizer; Controlled release; Membrane materials