DCD on Mechanism of Improving Nitrogen Utilization and Application in Production of Slow-Release Fertilizers

Cheng Sun *

Academician Studio of the Rural Education Development Center, World Academy of Productivity Sciences, Beijing, 102600, China

Abstract

This paper introduces the composition, properties and uses of DCD, the effect of DCD on various crop, summaries the fertilizer effect test of fertilizer Nano slow release agent, analyzes the economic benefit analysis of fertilizer Nano slow release agent.

Keywords

DCD; mechanism; slow-release fertilizer

DCD 对提高氮素利用率的作用机理及其在缓释肥料生产上的应用

孙成 *

世界生产率科学院农村教育发展中心院士工作室, 中国·北京 102600

摘要

论文介绍了 DCD 的组成, 性质和用途, DCD 对各种农作物的影响, 总结了肥料纳米缓释剂的肥效试验, 分析了肥料纳米缓释剂的经济效益分析。

关键词

DCD; 机制; 缓释肥料

1 DCD 的组成、性质及用途

DCD 分子式为 $C_2H_4H_4$, 结构式为 $(NH_2)_2CNCN$, 分子量 84.08, 白色晶体, 味微苦, 不挥发, 不吸潮。易溶于水、乙醇、丙酮、液氨、氨水等。每 100ml 水中 (约溶解 4g, 100ml 乙醇约溶解 1.7g, 100ml 丙酮约溶解 0.7g, 100ml 液氨约溶解 4-8g。与酸反应能生成胍类物质, 与碱反应能生成三聚氰胺。

DCD 是一种较理想的硝化抑制剂, 它能有效地抑制土壤中硝态氮的形成, 抑制亚硝化细菌的活性, 使 NH_4 被氧化成 NO_3 , 速率减慢或延缓。 NO_3 可直接被作物吸收利用, 但易淋溶和产生反硝化作用, 形成 NO_2 , 造成环境污染^[1]。试验结果证明: 不加 DCD 的氮肥, 在 32 天时即形成硝态氮高峰, 而加入 DCD 的氮肥硝态氮高峰峰期在 62 天左右出现, 向后推

迟了 30 天。

DCD 具有氨稳定作用。氮素化肥主要有三种形态, 即为酰胺态氮、铵态氮和硝态氮, 在农田施用中普遍存在着 NH_3 挥发损失, 一般在水田损失比例占氮损失总量的 50% 以上, 在旱田 NH_3 挥发损失占氮损失总量的 30% 以上。这种挥发损失, 在不同氮肥品种上表现出不同挥发特点和不同进程。尿素和硫酸铵这种挥发损失要在与土壤作用一段时间后发生。尿素和硫酸铵施入农田初期, 初始挥发量远远低于碳铵, 而碳铵由于分子活泼, 直接产生分解, 因此 NO_3 浓度高, 初始挥发量大。DCD 具有显著的氨稳定作用, 将 DCD 按比例混拌到碳铵, 在 43℃ 条件下与普通碳铵同时做氨挥发速率对比实验, 测定其两者的挥发量, 挥发到 1% 剩余量时, 碳铵用了 10 天, 加 DCD 碳铵用了 12 天, 时间上延长了 1.2 倍; 挥发损失量在 3、4、5、6、7、8 天, 每天减少挥发损失量分别在 9、12、16、14、12、9 个百分点。DCD 的这种氨稳定作用, 在室内

【通讯作者】孙成, 世界生产率科学院农村教育发展中心院士工作室, 中国·北京 102600 邮箱: sc@nassg.org

模拟培养实验结果表现为增加土壤里有效氮储存率 12.5%。

据实践研究结果显示,将 DCD 与尿素、碳素混拌施入土壤中,测定其氨态氮的损失量可减少 30%,而土壤中以有机物质形态因定的数量增加了一倍。有机化合物 DCD 是一个纳米材料,可以降低土壤中的 PH 值 0.2-0.4,从而增加了土壤胶体和粘粒对氨离子的吸附强度。

DCD 的实践应用,提高了化学肥料利用率,减少了化学肥料施用量,土壤中以有机土壤物质形态的数量成倍增加,改善了土壤团粒结构,降低了土壤 PH 值,对土壤生态修复具有显著效果^[2]。

2 DCD 对各种作物的增产效果

根据沈阳市农业技术推广站与中国科学院沈阳生态研究所,在沈阳市属十余个县区范围内开展了 DCD 的系统田间试验、示范和推广工作,取得了大量的科学数据,在玉米、水稻、花生、大豆、蔬菜和果树上累积推广面积达 200 余万亩,取得了显著的经济效益,得到了广大农民的认可^[3]。其试验结果统计详见下面表 1-5。

表 1 玉米作物基施或追施含 DCD 缓释尿素与普通尿素进行产量对比试验,缓释尿素比普通尿素增产幅度为 5.32% ~ 15.93%,平均增产率为 9.72%,每亩增加经济效益 24.8-70.7 元,平均每亩增值 46.28 元。

表 1 1998 年玉米应用缓释尿素多点试验结果

处理	供试地点	亩产量 (kg)	增产率 (kg/亩)	增产率 (%)	经济效益 (元/亩)	平均增产率 (%)
尿素	新城子区	601	0	0	0	
尿素+DCD	清水台镇	633	32	5.32	24.8	
尿素	苏农屯区	594	0	0	0	
尿素+DCD	陈相屯镇	664	70	11.78	59.0	
尿素	东陵区	565	0	0	0	
尿素+DCD	高坎镇	608	43	7.61	34.7	
尿素	东陵区	485	0	0	0	
尿素+DCD	王滨乡	540	55	11.34	15.5	
尿素	东陵区	535	0	0	0	
尿素+DCD	祝家镇	593	58	10.84	48.2	0
尿素	康平县	585	0	0	0	9.72
尿素+DCD	两家子农场	622	37	6.32	29.3	
尿素	于洪区	521	0	0	0	
尿素+DCD	罗家屯乡	604	83	15.93	70.7	
尿素	于洪区	598	0	0	0	
尿素+DCD	老边乡	654	56	9.36	56.4	
尿素	法库县	765	0	0	0	
尿素+DCD	原种场	841	76	9.93	64.4	
尿素	新城子区	556	0	0	0	
尿素+DCD	黄家乡	605	49	8.81	40.1	

表 2 1998 年水稻应用缓释尿素多点试验结果

处理	供试地点	亩产量 (kg)	增产率 (kg/亩)	增产率 (%)	经济效益 (元/亩)	平均增产率 (%)
尿素	于洪区	610	0	0	0	
尿素+DCD	于洪台乡	653	43	7.05	47.6	
尿素	法库县	483	0	0	0	
尿素+DCD	冯贝堡乡	550	67	13.87	76.4	
尿素	法库县	546	0	0	0	0
尿素+DCD	伊牛堡乡	592	46	8.42	51.2	9.98
尿素	新城子区	579	0	0	0	
尿素+DCD	石佛镇	662	83	14.34	95.6	
尿素	东陵区	529	0	0	0	
尿素+DCD	古城乡	562	33	6.24	35.6	

表 2 的水稻测产结果表明,缓释尿素比普通尿素每亩增产粮食 33-83 公斤,平均增产量为 54.4 公斤;增产率为 6.24%~14.34%。平均增产率为 9.98%,每亩平均增加经济收入 62.28 元,缓释尿素在水稻插秧时一次性基肥施入,可免去 4~5 的追肥工序,如果配合药剂除草可以实现免中耕。

表 3 1998 年辽中县花生应用缓释尿素的试验结果

处理	株荚数 个	百粒重 g	亩产量 kg	增产量 Kg/亩	增产率 %	经济效益 元/亩
尿素	11.0	18.0	269.0	0	0	0
尿素+DCD	13.0	19.0	333.5	64.5	23.98	189.5

花生施用缓释尿素增产幅度较高,每株结荚数多 2 个,百粒重增加 1g,成果率提高 5 个百分点,每亩增加产量 64.5 公斤,增产率 23.98%,每亩增加经济收入 189.5 元。

表 4 1998 年大豆应用缓释尿素多点试验结果

处理	供试地点	株粒数粒	百粒重 g	亩产量 Kg	增产量 Kg/亩	增产率 %	经济效益 元/亩
尿素	开	28.8	18.1	157	0	0	0
尿素+DCD	原县	31.8	18.8	180	23	14.65	46.3
尿素	机关	43.9	16.9	256	0	0	0
尿素+DCD	农场	48.5	17.8	297	41	16.02	81.8
尿素	种子	52	21.2	362	0	0	0
尿素+DCD	公司	60	22.9	400	38	10.50	73.9
年均值					34	13.72	67.33

大豆应用缓释尿素增产效益比较明显,从植株表现,株粒数增加 3~8 粒,百粒重增加 0.7~1.7g,平均亩产增加 34 公斤,增产率 13.7%,每亩增加经济效益 67.33 元。

表 5 1998 年果树上应用缓释尿素试验结果

处理	供试树种	亩产量 Kg	增产量 Kg/亩	增产率 %	经济效益 元/亩
尿素		24	0	0	0
尿素+DCD	沙地大杏树	30	300	25.00	356
尿素		32	0	0	0
尿素+DCD	李子树	39	350	21.88	556
尿素		20	0	0	0
尿素+DCD	山楂树	24	240	20.00	428
年均值		28	297	22.29	467

果树施用缓释尿素增产幅度和经济效益都比较高,平均

增产率 22.29%，每亩增加经济收入 467 元；而且缓释尿素由于 DCD 的作用，可以促进水果早熟和增大个果的作用。

综上 DCD 在大田作物、经济作物和果树上应用都得到了稳定的增产增收效益，在大田作物上的增产率 5.32%–15.93%，年均均为 9.72%；在油料作物上应用增产率为 10.50%–23.98%，平均为 16.28%；在果树上的应用增产率为 22.2%，皆有明显的增产效益。

3 肥料纳米缓释剂的肥效试验总结

“世纪田王”肥料纳米缓释剂是由天然矿物质和纳米有机化合物材料以及微量元素所组成，集脲酶抑制、硝化抑制、氨稳定和植物生长调节等多功能于一体，发挥作用机理综合效应的一种肥料添加剂，也是土壤生态修复，控制农业污染的一种天然生物纳米组合物。其外观为白色或黑褐色粉剂，稳定性好不易挥发和不变质。与氮素化肥按一定比例混拌使用，其附着性强，具有良好的亲和力；肥料纳米缓释剂也可以添加到复合肥。

复混肥生产工艺配方中，生产长效缓释复合肥、复混肥。肥料纳米缓释剂主要功能是：

1. 它可用作土壤改良剂，促进土壤团粒结构的形成，改善土壤物理性质。

2. 可以用作植物生长剂。其分子中的多元酚结构可作为氧的还原作用的进行。因此，加强了植物呼吸作用，促进植物对养分的吸收，促进根系生长，增强作物抗逆性，促早熟提高作物产量，改善作物品质等作用。

3. 不仅能提高 N、P、K 的利用率，还可以有效的抑制土壤中脲酶活性，起到脲酶抑制剂的作用。

4. 它也是一种较理想的硝化抑制剂。它能有效地抑制土壤中硝态氮的形成，抑制亚硝化细菌的活性，使 NH_4 被氧化成 NO_3 速率减慢或延缓。

5. 具有氨稳定作用。将缓释剂与尿素、碳素混拌施入土壤中，氨态氮的损失量可减少 30%，而土壤中以有机物质形态固定的数量增加一倍以上。

6. 肥料纳米缓释剂中的有机化合物是一种纳米材料，可以降低土壤中的 pH 值，从而增加了土壤胶体和粘粒对氨离子的吸附强度。

肥料纳米缓释剂是以 DCD 和天然腐殖酸为主要原料，经过特殊工艺加工的土壤生态修复高科技新材料，该材料是

集脲酶抑制、硝化抑制、氨稳定及植物生长刺激素为一体的新型肥料缓释剂。变氮肥多次施用为一次基施，在作物整个生长期可不再追肥，延长氮肥肥效期，提高氮素利用率，根据辽宁省土壤总站 1997 年在玉米和水稻两种作物上安排了 8 个试验点试验结果可总结如下：

3.1 材料与方法

(1) 供试材料：二铵、尿素、氯化铵、肥料缓释剂

(2) 供试土壤：水稻土、棕壤、草甸土

(3) 供试作物：玉米、水稻

(4) 田间试验设计：设 4 个处理（处理更改或不足 4 个处理的也考虑在内），每个处理设三次重复，随机区组排列，小区面积 20 平方米。

3.2 肥料纳米缓释剂在玉米上的试验效果

(1) 凤城市刘家河、灯塔市西马五家试验结果

试验处理

I . 常规施肥（二铵 10 公斤 / 亩 + 尿素 10 公斤 / 亩）

II . 常规施肥 + 缓释剂 0.6 公斤 / 亩

III . 尿素 20 公斤 / 亩 + 缓释剂 1.2 公斤 / 亩

试验结果分析：

表 6 玉米生育期调查表

实验地点	处理	播种期	出苗期	拔苗期	抽雄期	灌浆期	成熟期
凤城刘家河	I	4.24	5.9	6.18	7.22	8.10	9.20
	II	4.24	5.5	6.17	7.21	8.9	9.19
	III	4.24	5.9	6.18	7.22	8.10	9.20
灯塔西马	I	5.15	5.20	6.10	7.20		10.3
	II	5.15	5.20	6.10	7.19		10.2
	III	5.15	5.20	6.10	7.18		10.3

表 7 玉米生育性状调查表

实验地点	处理	株高 cm	叶色	亩穗数 (个)	穗粒数 (个)	百粒重	
凤城刘家河	I	291	绿	2364	498.0	37.0	
	II	294	深绿	2464	556.0	38.8	
	III	292	深绿	2398	532.0	37.6	
灯塔西马	I	220	较深绿	2623	634.2	32.1	
	II	218	较深绿	2634	634.4	33.3	
	III	216	较深绿	2628	636.1	34.0	
灯塔王家	I	55*36.3	5.0	15.5	2824	645.8	32.1
	II	55*37.2	4.8	12.7	2818	622.0	33.3
	III	55*36.6	5.0	15.5	2807	632.1	34.0

表8 玉米产量调查表

实验地点	I		II		III		增产率
	亩产	亩产	亩增产	亩增产	亩产	亩增产	
凤城刘家河	382.5	416.9	34.4	9.0	410.2	27.7	7.2
灯塔西马	534.0	556.4	22.4	4.2	568.4	34.4	6.4
灯塔王家	524.7	545.7	21.0	4.0	546.1	21.4	4.1

从表6-8可以看出,施用缓释剂的2和3处理,玉米生长发育明显好于常规施肥,其中2表现最佳,与其它处理相比,成熟期提前1天,叶色深绿、空杆率降低,亩穗数和百粒重均有增加。从产量上来看,处理2和3比1增产21.4~34.4公斤,增产率4.0%~9.0%。

(2) 丹东市振安区的试验效果 试验处理

I 常规施肥(二铵10公斤/亩+尿素10公斤/亩)

II 常规施肥(二铵10公斤/亩+尿素20公斤/亩)

III 常规施肥1+缓释剂0.6公斤/亩

IV 常规施肥2+缓释剂1.2公斤/亩

表9 玉米生育期、生育性状及产量调查表

处理/生长期	处理	播种期	插秧期	返青期	分蘖期	拔节期	抽穗期
I	5.3	5.14	6.27	7.23	8.8	15	9
II	5.3	5.14	6.27	7.23	8.8	15	9
III	5.3	5.14	6.27	7.23	8.8	15	9
IV	5.3	5.14	6.27	7.23	8.8	15	9

处理/生育形状	株高(cm)	叶色	穗行数(行)	亩穗数(个)	百粒重(g)
I	208	green	16	570	27.4
II	212	green	16	600	28.5
III	217	Dark green	16	620	29.9
IV	215	Dark green	16	600	29.3

处理/项目	小区产量/平均数			亩产量(Kg)	亩增产(Kg)	增产率(%)
I	12.76	13.65	12.95	13.12	364.08	—
II	13.74	14.22	15.13	14.36	398.49	34.11
III	16.86	14.6	15.28	15.58	432.62	68.54
IV	15.56	14.6	14.18	14.78	410.15	46.07

从表9试验结果明显看出,凡是施用缓释剂的处理:

显然生育时期无差异,但生育性状及产量均占优势,特别是处理III,与常规施肥I比较株高增加9厘米,叶色深绿,穗粒数增加50粒,百粒重增加2.5g,产量增加68.5公斤,增加18.8%。从增产幅度上来看处理III(二铵10公斤/亩+尿素10公斤/亩+缓释剂0.6公斤/亩)好于IV(二铵10公斤/亩+尿素20公斤/亩+缓释剂1.2公斤/亩),说明施用缓释剂不宜施用过多的氮肥,有明显的节肥作用,少量的缓释剂即可起到理想的增效作用。

3.3 肥料纳米缓释剂在水稻上的应用效果

(1) 开原试验点的试验结果 试验处理

I 常规施肥(二铵10公斤/亩+氯化铵25公斤/亩)

II 常规施肥I+缓释剂1.0公斤/亩

III 二铵10公斤/亩+尿素15公斤/亩

IV 二铵10公斤/亩+尿素15公斤/亩+缓释剂0.9公斤/亩

试验结果与分析见表10。

表10 水稻生育时期、生育性状及产量调查表

处理/生长期	处理	播种期	插秧期	返青期	分蘖期	拔节期	抽穗期
I	4.9	5.25	5.31	6.8	7.11	8.9	10.2
II	4.9	5.25	5.31	6.8	7.11	8.9	10.2
III	4.9	5.25	5.31	6.8	7.11	8.9	10.2
IV	4.9	5.25	5.31	6.8	7.11	8.9	10.2

处理/生育形状	株高(cm)	叶色	分叶率(%)	亩穗数(个)	穗粒数(个)	秕粒数(个)	千粒数(%)
I	100.1	绿黄	85.5	274680.4	68.1	21.4	25.1
II	100.2	绿	86.0	278680.6	68.9	24.5	25.6
III	100.5	绿黄	85.1	273347.0	68.3	21.6	25.0
IV	100.9	绿	85.6	277347.2	68.0	23.2	25.9

处理/项目	小区产量/平均数			增产率(亩/kg)	亩增产(kg)	增产率(%)	小区产量/平均数
I	14.5	14.8	13.2	14.1	470.0	—	—
II	14.8	15.0	14.2	14.7	490.0	20.0	4.3
III	14.1	14.3	13.7	14.0	466.7	—	—
IV	14.1	15.2	14.9	14.8	493.4	20.7	4.7

从表10可以看出,施用缓释剂不影响水稻的生育期,但明显促进水稻的生长发育,与对照相双叶色加深,不脱肥,有效分蘖数、亩穗数、穗粒数、千粒重均有增加,从增产幅度看,增产率分别为4.3%和5.7%。

(2) 海城试验点的试验结果 试验处理

I 常规施肥(二铵10公斤/亩+氯化铵25公斤/亩)

II 常规施肥I+缓释剂1.0公斤/亩

III 氯化铵40公斤/亩+缓释剂1.6公斤/亩

IV 二铵10公斤/亩+尿素15公斤/亩+缓释剂0.9公斤/亩

试验结果与分析见表11

表11 水稻生育时期、生育性状及产量调查表

试验地点	处理	播种期	插秧期	返青期	分蘖期	拔节期	抽穗期
I	4.8	5.25	5.31	6.5	6.18	8.3	9.24
II	4.8	5.25	5.31	6.5	6.18	8.5	9.24
III	4.8	5.25	5.31	6.5	6.18	8.6	9.24
IV	4.8	5.25	5.31	6.5	6.18	8.7	9.24

处理/生育形状	株高 (cm)	叶色	分叶率 (%)	亩穗数 (个)	穗粒数 (个)	秕粒数 (个)	千粒数 (%)
I	102	浅绿	28.9	106.3	79.5	25.2	25.4
II	101	绿	28.5	108.5	81.8	24.6	25.3
III	97	深绿	29.2	110.2	84.4	23.4	26.0
IV	100	深绿	28.8	109.8	84.1	23.4	25.8

处理/项目	小区产量/平均数	增产率 (亩/kg)	亩增产 (kg)	增产率 (%)	小区产量/平均数
I	15.6	16.0	15.8	15.8	526.9
II	16.5	16.6	16.8	16.6	553.6
III	17.0	17.1	16.8	17.0	565.8
IV	16.8	17.6	16.9	16.9	563.6

从表 11 试验结果可以看出, 缓释剂对水稻的生育期无影响, 但对水稻的生育性状及产量有影响, 用缓释剂的处理叶色深绿、穗粒数、成粒数、千粒重均比对照增加, 空秕率也降低了, 产量率增加 5.1%、7.4% 和 7.0%, 平均增产率为 6.5%。

(3) 营口大石桥两个试验点的试验结果

试验处理:

- I 常规施肥 (二铵 10 公斤 / 亩 + 氯化铵 15 公斤 / 亩)
- II 常规施肥 I+ 缓释剂 1.0 公斤 / 亩

试验结果与分析见表 12

表 12 水稻生育时期、生育性状及产量调查表

试验地点	处理	播种期	插秧期	返青期	分蘖期	拔节期	抽穗期	成熟期
大石桥水源	I	4.16	5.26	5.30	6.2	7.1	8.4	10.3
	II	4.16	5.26	5.30	6.2	7.1	8.4	10.9
大石桥水源	I	4.14	6.2	6.6	6.9	7.2	8.7	10.9
	II	4.14	6.2	6.6	6.9	7.2	8.7	10.9

试验地点	处理	株高 (cm)	茎粗 (cm)	亩穗数 (个)	穗粒数 (个)	秕粒数 (个)	千粒数 (%)
大石桥水源	I	100.7	2.10	351,611	1228	11.1	13.2
	II	99.7	2.25	409,451	135.8	11.3	23.7
大石桥水源	I	100.1	2.30	369,515	110.4	10.1	20.2
	II	101.5	2,86	437,885	116.6	11.5	20.3

处理/项目	小区产量/平均数	增产率 (亩/kg)	亩增产 (kg)	增产率 (%)	
大石桥水源	I	21.2	18.5	16.4	18.9
	II	21.7	21.2	409,451	135.8
大石桥水源	I	15.0	17.7	18.1	17.3
	II	20.2	22.4	19.4	20.7

从表 12 可以看出, 施用缓释剂对水稻的生育期无影响; 但对生育性状影响较大, 与对照比, 茎粗、亩穗数、穗粒数、千粒重均有增加, 穗粒数增加 5.6%~10.6%, 千粒重增加 0.1~0.5 克, 亩产增加 79.8~113.5 公斤, 增产率为 12.7~19.6%, 平均为 16.15%。

3.4 结论

(1) 玉米基施氮肥同时, 配施缓释剂, 可提高氮肥的利用率。延长氮肥肥效期。氮肥一次基施不用追肥可达到玉米整个生育期不脱肥, 叶色加深, 改善玉米的生育性状, 亩穗数、穗粒数、百粒重均有增加。

(2) 水稻施用缓释剂与对照相比叶色加深, 有效分蘖数、百穗数均有增加, 亩穗粒数增加 0.7~19 粒, 千粒重增加 0.1~0.9 克, 水稻发育良好, 无脱肥现象。

(3) 玉米在正常施肥情况下施用少量的缓释剂 (一般为 0.6 公斤 / 亩), 即可获得较好的增产效果, 增加率为 4.1%~18.8%。

(4) 水稻在正常施用氮肥的条件下, 施用缓释剂会起到明显的增产效果, 亩产可提高 2~113 公斤, 增产率为 4.3%~19.6%。

(5) 由于 1997 年辽宁地区遭到严重旱灾和台风的袭击, 试验受到一定影响, 但从试验结果可以看出施用缓释剂可以增强作物的抗逆性。

4 肥料纳米缓释剂经济效益分析

在几年来的试验示范和推广应用过程中, 各种大田作物应用面积累计达到 300 多万亩, 肥料缓释剂表现出显著的社会效益和经济效益。

表 13 几种大田作物施用缓释氮肥增产增收对比表

作物品种	缓释氮肥		普通氮肥		增产增收	
	施肥量 kg/亩	单产 kg/亩	施肥量 kg/亩	单产 kg/亩	增产 kg/亩	亩增值 (元)
	尿素 + 缓释剂		尿素			
玉米	20	686.4	20	604.1	82.3	13.6
水稻	25	731.8	25	666.8	65.0	9.8
小麦	10	249.5	10	227.0	22.5	9.9
大豆	7	253.9	7	222.3	31.6	14.2
花生	7	667.0	7	583.0	129.0	23.9
甜菜	25	3293.8	25	2792.6	501.2	17.9

参考文献

[1] 冯元琦. 长效氮肥机理及其在缓释复肥中的应用 [J]. 化肥设计, 2003(05):56.

[2] 钟意. 袋控缓释肥氮素释放特性及其在雷竹林的应用效果研究 [D]. 杭州: 浙江农林大学, 2018.

[3] 张长海, 郑桂萍, 陈志国. 超级稻氮肥运筹技术研究 [J]. 农业科技通讯, 2014(6):100-103.