

缓控释肥不同施用量和施用方式对旱作区全膜马铃薯生长及产量的影响

席旭东¹, 李效文¹, 姬丽君²

(1. 甘肃省定西市农业技术推广站, 甘肃 定西 743000; 2. 甘肃省定西市安定区农业技术推广服务中心, 甘肃 定西 743000)

摘要: 为掌握缓控释肥的施用对全膜马铃薯关键生长指标及产量的影响, 分别在高(900 kg·hm⁻²)、中(750 kg·hm⁻²)、低(600 kg·hm⁻²) 3 种施肥条件下进行了 2 种不同施用方式即集中沟施(F)与表层撒施(B)的田间试验, 并测定了马铃薯主要生长指标和产量。结果表明: 缓控释肥施用量对旱作全膜马铃薯主要生长指标、产量及商品率的影响均达显著性差异水平, 在施用 900 kg·hm⁻² 的高肥量时, 其沟施处理 HF 的马铃薯产量、大薯率和商品率均达到最大, 分别达 43 608.85 kg·hm⁻²、72.1% 和 92.7%。施用方式对马铃薯地下主要生长指标、产量和大薯率均表现出显著性差异, 且在 3 种施肥量下, F 处理的马铃薯产量、大薯率和商品率均高于 B 处理, 其中在高肥水平下 F 处理较 B 处理平均增产达 2 834.54 kg·hm⁻², 增产率为 6.4%。施用量×施用方式对马铃薯各生长指标和产量影响均不显著。综合来看, 缓控释肥在较高水平的施肥(900 kg·hm⁻²)条件下, 集中沟施处理有利于旱作区全膜马铃薯产量的提高。

关键词: 缓控释肥; 施肥量; 施肥方式; 全膜马铃薯; 生长指标; 产量
中图分类号: S147.21 **文献标志码:** A

Effects of different fertilization methods and amounts of slow/controlled releasing fertilizer on growth and yield of all-film potato in dry farming areas

XI Xu-dong¹, LI Xiao-wen¹, JI Li-jun²

(1. Agricultural Technical and Popularization Center in Dingxi City of Gansu, Dingxi, Gansu 743000, China;
2. Agricultural Technology Extension and Service Center of Anding District in Dingxi City of Gansu, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: In order to investigate the effects of slow/controlled releasing fertilizer on main growth indexes and yield of all-film potato, three fertilization amounts were designed in a field experiment, including high level, medium level and low level fertilizations, and two irrigation methods, including furrow fertilization (F) and broadcast application. Main growth indexes and yield of potato were measured. The fertilizer application amount of slow/controlled releasing fertilizer significantly influenced the main growth indexes, yield and commodity rate of potato. The maximum value of yield, large tubers and commodity rate of potato with furrow fertilization treatment (HF) were 43 608.85 kg·hm⁻², 72.1% and 92.7%, respectively, when the higher fertilization amount was 900 kg·hm⁻². The fertilizer application method significantly influenced the main underground growth indexes, yield and large tubers of potato. Yield, large tubers and commodity rate of potato by the F treatment were higher than those by the B treatment under three fertilization amounts, and by high fertilization amount, the yield by the HF treatment was 834.54 kg·hm⁻² higher than that by the HB treatment, resulting in 6.4% increase. The fertilization amount × fertilization method did not cast significant effects on all growth indexes and yield of potato. In conclusion, under high fertilization amount (900 kg·hm⁻²), the F treatment should help increase yield of all-film potato in dry farming areas.

Keywords: slow/controlled releasing fertilizer; all-film potato; yield

定西市位于甘肃中部, 全市海拔 1 640 ~ 3 941 m, 年降水量 350 ~ 600 mm, 年平均气温 7℃, 无霜期 140 d, 属典型的旱作农业区。马铃薯作为全市第一

大特色优势产业, 其种植历史悠久, 发展潜力巨大, 比较效益突出, 已成为带动全市农业和农村经济发展, 促进农业增效、农民增收的特色优势产业和战略

收稿日期: 2015-08-20
基金项目: 定西市科技计划项目“高效新型肥料在旱作农业中的应用研究与示范”
作者简介: 席旭东(1984—), 男, 农艺师, 硕士, 研究方向为旱作农业应用研究及推广。E-mail: xixudong@126.com。
通信作者: 李效文, E-mail: gsdxlw@126.com。

主导产业,在甘肃省区域经济发展中也发挥了重要的作用。近年来,以地膜全覆盖为基础的马铃薯旱作高效种植技术作为一种旱作区的重大创新技术,在很大程度上促进了马铃薯产量的提高。全市马铃薯年播种面积稳定在 20 万 hm^2 以上,其中地膜马铃薯在 8.7~10 万 hm^2 之间,且呈增加趋势。但由于在全膜马铃薯种植中,存在覆膜时间紧、基肥投入不足、追肥困难等问题,加之施肥量不合理,施肥方式不科学,致使马铃薯生长过程中肥料供需不平衡,后期脱肥严重,病虫害加剧,产量低而不稳等问题日益凸显,严重影响着全市马铃薯产业的进一步发展升级,这也是旱作区马铃薯种植中亟待解决的主要问题之一。

缓控释肥料作为一种新型肥料,具有肥效缓慢释放,养分供应期长,利用率高等突出特点,是近年来肥料科学研究的热点问题之一^[1-7]。缓控释肥的使用,可以有效减少氮源损失,减少施肥对土肥、水源的污染,对提高资源利用效率和实现农业可持续发展有着十分重要的意义^[8]。目前国内外对缓控肥的研究主要集中在养分释放特征,养分利用效率,生产工艺等方面^[9-14]。周瑞荣、唐拴虎等^[15-19]研究表明,缓控释肥的使用对马铃薯有较好的增产效果,能够较明显地改善马铃薯品质,并在一定程度上减少了肥料成本与生产劳动成本的投入。另外,缓控释肥在水稻^[20-21]、玉米^[22-23]等作物中也具有良好的增产效果。目前,缓控释肥在定西市旱作农业中的应用研究处于起步阶段,有关应用研究较少,尤其是在旱作区全膜马铃薯中的应用研究尚无报道。我们为了掌握缓控释肥对旱作区全膜马铃薯生长及产量的影响,探讨研究了三种不同施用量下表层撒施、集中沟施两种施肥方式对马铃薯主要生长指标及产量的影响,为缓控释肥在全膜马铃薯生产乃至以地膜覆盖为基础的旱作高效农业中的推广应用提供理论依据,为提高肥料利用效率、提高马铃薯产量,改善马铃薯品质寻求新的途径和方法。

1 材料与方法

1.1 试区概况

田间试验于 2014 年 4 月 25—10 月 5 日在甘肃省定西市临洮县连湾乡羊嘶川村进行,该村位于临洮县东北部,海拔 2 480 m,属半干旱二阴区,无霜期 130 d,年平均降水量 400~530 mm,年平均气温 4.5℃。土壤类型为黄绵土,试验区土壤质地疏松、肥力中等。0~20 cm 耕层有机质 10.4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮 0.66 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮 68 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 12 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 189 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH 7.5。前茬作物为玉

米。

1.2 试验材料

试验用马铃薯良种为陇薯 6 号原种,由定西市农业科学研究院提供。高效缓控释肥($\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=22:8:12$)由山东金正大集团公司生产提供。各处理基础肥料均按腐熟农家肥 50 000 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施用,结合播种覆膜前的整地翻耕施入土壤。

1.3 试验方法

1.3.1 处理方法 本试验设 2 个因素,分别是缓释肥施用量和施用方式。施用量设低肥(L)、中肥(M)、高肥(H)3 个量,分别为 600、750、900 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。施用方式分为撒施(B)和沟施(F)2 种方式。撒施方式是在播种覆膜前将缓释肥均匀撒于地表,然后翻耕于土壤,翻耕深度 17~20 cm,沟施方式是在覆膜时,将肥料开沟施于大垄中间,开沟深度 20~25 cm。试验共设 6 个处理,每个处理 3 次重复,共 18 个小区,小区面积 4.8 m×12 m=57.6 m^2 ,随机区组排列,具体处理见表 1。采用黑膜双垄全覆盖膜测沟播种方式进行种植,膜宽 1.2 m。2014 年 4 月 10 日统一旋耕、施肥、覆膜,4 月 25 日点播,种植前用宝大森 1 000 倍液拌种,晾干后播种。种植密度 55 cm×35 cm,667 m^2 保苗 3 460 株。走道 30 cm,保护行 50 cm。生长期根据田间情况进行锄草和病虫害防治,于 2014 年 10 月 5 日统一采挖测产,产量按照实际小区鲜重计算。

1.3.2 测定方法 在盛花期分别测定株高、茎粗、主茎数、叶面积指数,每小区随机选取 20 株进行测定,取平均值,叶面积指数采用剪纸称重法测定;

单株结薯数:成熟期每小区挖取 20 株,数块茎个数;

单株薯质量:成熟期每小区挖取 20 株,分株称量块茎质量;

产量:成熟期按小区单收,计产;

商品率(%)=大中薯鲜重/薯块总鲜重×100,

大薯率(%)=大薯鲜重/薯块总鲜重×100,

大、中、小薯按小薯<50 g、50 g≤中薯≤100 g、大薯>100 g 计。

1.3.3 统计分析 试验数据用 SPSS 程序进行方差分析,方差分析包括施用方式、施用量以及两因素之间交互效应,多重比较用 Duncan 法。

2 结果分析

2.1 不同施用量和施用方式对马铃薯地上生长指标的影响

将高效缓控释肥不同施用方式和施用量对马铃薯地上生长指标的影响统计入表 2。统计分析结果

表明,施用量对马铃薯地上株高、主茎数、叶鲜重及叶面积指数等生长指标的影响显著($P < 0.05$),但施用方式、施用量 $\times$ 施用方式对所测定统计的五项地上生长指标的影响不显著($P > 0.05$)。高肥时地上生长指标的值均高于中、低肥处理,且高肥处理的株高、叶鲜重和叶面积指数均与中、低肥处理呈显著性差异水平。两种施肥方式相比,除低肥时的茎粗

指标外,其余各指标在三种施肥量下,其沟施方式(F)的指标值均高于撒施方式(B)的指标值,但在三种施肥量下,两种施肥方式间的各项地上生长指标值均表现为差异不显著。高肥时 HF 处理的株高、茎粗、主茎数、叶鲜重和叶面积指数较中肥时 MF 和低肥时 LF 处理分别提高了 3.9%、4.3%、4.5%、10.2%、16.7%和 6.1%、12.8%、8.7%、17.0%、24.9%。

表 1 缓控释肥施用量和施用方式
Table 1 Application amounts and methods of slow/controlled releasing fertilizers

施用量 Fertilization amount	施用方式 Fertilization method	施肥量 Fertilization amount /(kg·hm ⁻²)	处理方式 Treatment method
低肥(L) Lower fertilization	B	600	在播种覆膜前将缓释肥均匀撒于地表,然后翻耕于土壤,翻耕深度 17~20 cm
	F	600	在覆膜时,将肥料开沟施于大垄中间,开沟深度 20~25 cm
中肥(M) Middle fertilization	B	750	在播种覆膜前将缓释肥均匀撒于地表,然后翻耕于土壤,翻耕深度 17~20 cm
	F	750	在覆膜时,将肥料开沟施于大垄中间,开沟深度 20~25 cm
高肥(H) Higher fertilization	B	900	在播种覆膜前将缓释肥均匀撒于地表,然后翻耕于土壤,翻耕深度 17~20 cm
	F	900	在覆膜时,将肥料开沟施于大垄中间,开沟深度 20~25 cm

表 2 不同施用量和施用方式对马铃薯地上生长指标的影响
Table 2 Effects of different fertilization methods and amounts on aboveground growth indexes of potato

施肥量 Fertilization amount	施肥方式 Fertilization method	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	主茎数 Main stems /个	叶鲜重 Leaf fresh weight/g	叶面积指数 leaf area index
低肥(L) Lower fertilization	B	76.03±0.47c	1.03±0.04c	4.96±0.05d	327.23±5.78d	3.62±0.06c
	F	76.80±0.42bc	1.02±0.03c	5.05±0.05cd	329.77±6.46cd	3.65±0.08c
中肥(M) Middle fertilization	B	77.63±0.46bc	1.06±0.04bc	5.10±0.09cd	349.33±7.32bc	3.89±0.10bc
	F	78.62±0.30b	1.12±0.02abc	5.28±0.10bc	356.77±4.74b	4.05±0.08b
高肥(H) Higher fertilization	B	81.17±0.95a	1.14±0.03ab	5.46±0.08ab	389.83±6.91a	4.61±0.15a
	F	81.67±1.00a	1.17±0.03a	5.53±0.06a	397.23±6.56a	4.86±0.10a

显著性检验(P 值) Significance test (P values)						
施用量 Fertilization amount		0.000	0.089	0.007	0.000	0.000
施用方式 Fertilization method		0.169	0.248	0.367	0.286	0.100
施用量 $\times$ 施用方式 Fertilization amount $\times$ Fertilization method		0.955	0.321	0.667	0.907	0.572

注:表中数值为平均值 $\pm$ 标准误差,字母 a、b、c 等表示同一列在 $P_{0.05}$ 量下的统计显著性差异,如不同小写字母,则处理之间差异显著($P < 0.05$),相同小写字母,差异不显著($P > 0.05$)。显著性检验(P 值),差异显著($P < 0.05$),差异不显著($P > 0.05$)。下同。
Note: Values are means $\pm$ standard errors. Different letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$). Same letters indicate in significant difference($P > 0.05$). Analysis of variance (ANOVA) P values were shown ($P < 0.05$, significance; $P > 0.05$, no significance), and hereinafter.

2.2 不同施用量和施用方式对马铃薯产量形成指标的影响

高效缓控释肥不同施用量和施用方式对马铃薯产量形成指标的影响统计分析见表 3。由表 3 可知,除小薯重量外,缓控释肥施用量对各形成指标的影响均达到显著水平,施用方式对马铃薯的单株个数、大薯个数、单株薯重和大薯重的影响也达到显著性差异水平,施用量 $\times$ 施用方式对马铃薯产量形成

指标的影响均不显著;与施用量相比,高肥时,其单株个数、大薯个数、单株薯重和大薯重均高于中、低肥处理值,在沟施 HF 处理表现出最大值,为 8.03 个 $\cdot$ 株⁻¹、4.28 个 $\cdot$ 株⁻¹、836.63 g $\cdot$ 株⁻¹、596.20 g $\cdot$ 株⁻¹,且单株薯重和大薯重均与中、低肥处理间呈显著性差异水平。但中小薯个数和重量又低于低肥处理值,这说明缓控释肥在高肥处理时有利于马铃薯株粒数提高,尤其是大薯粒数及重量的形成;与施

用方式相比,除在低肥时,两种方式的单株结薯个数均表现为 F 处理高于 B 处理,且在高肥时 HF 和 HB 表现为 F 处理高于 B 处理,且在高肥时 HF 和 HB 处理间的单株个数和大薯重均呈现显著性差异水平。其单株个数与重量、大薯个数与重量

表 3 不同施用量和施用方式对马铃薯产量形成指标的影响

Table 3 Effects of different fertilization methods and amounts on yield formation indexes of potato									
施肥量 Fertilization amount	施肥方式 Fertilization method	单株个数 Plant number/个	大薯个数 largetuber number/个	中薯个数 Middletuber number/个	小薯个数 Minituber numbr/个	单株薯重 Weight per plant/g	大薯重 Largetuber weight/g	中薯重 Middletuber weight/g	小薯重 Minituber weight/g
低肥(L) Lower fertilization	B	7.47 ± 0.12c	2.33 ± 0.07e	2.83 ± 0.09a	2.30 ± 0.11a	643.77 ± 13.65c	325.57 ± 20.20c	247.93 ± 2.57a	70.27 ± 5.30a
	F	7.53 ± 0.09bc	2.70 ± 0.10d	2.67 ± 0.07ab	2.17 ± 0.12a	662.33 ± 8.12c	374.87 ± 11.82c	212.17 ± 29.7b	75.30 ± 7.72a
中肥(M) Middle fertilization	B	7.67 ± 0.13bc	3.33 ± 0.07c	2.37 ± 0.12bc	2.01 ± 0.09ab	729.20 ± 6.51b	479.13 ± 15.92b	182.97 ± 14.68c	68.10 ± 8.99a
	F	7.80 ± 0.10b	3.73 ± 0.09b	2.30 ± 0.11bc	1.77 ± 0.12b	742.50 ± 17.08b	501.13 ± 23.75b	180.20 ± 10.11c	61.17 ± 8.54a
高肥(H) Higher fertilization	B	7.87 ± 0.03b	3.90 ± 0.33b	2.33 ± 0.17bc	1.63 ± 0.13b	806.00 ± 4.21a	557.37 ± 5.09a	188.77 ± 8.42bc	59.87 ± 8.04a
	F	8.03 ± 0.03a	4.28 ± 0.58a	2.20 ± 0.15c	1.63 ± 0.12b	836.63 ± 16.47a	596.20 ± 13.4a	185.57 ± 3.83bc	54.87 ± 4.80a
显著性检验(P 值) Significance test (P values)									
施用量 Fertilization amount		0.001	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.158
施用方式 Fertilizationmethod		0.049	0.000	0.248	0.268	0.017	0.017	0.070	0.711
施用量 × 施用方式 Fertilizationamount × Fertilization method		0.460	0.899	0.919	0.693	0.803	0.703	0.111	0.695

2.3 不同施用量和施用方式对马铃薯产量及商品率的影响

高效缓控释肥不同施用量和施用方式对马铃薯产量及商品率的影响统计分析见表 4。由表 4 可知,缓控释肥施用量对马铃薯产量、大薯率及商品率的影响均达显著水平,施用方式对产量和大薯率的影响呈显著水平,但对商品率的影响不显著。施用量 × 施用方式对产量及商品率影响均不显著。高肥时马铃薯产量、大薯率和商品率均高于中、低肥时产

量,其中在高肥时的 HF 处理产量、大薯率和商品率均达最高,平均鲜产达 43 608.85 kg·hm⁻²,大薯率达 72.1%,商品率达 92.7%。两施肥方式相比,在 3 种施肥量下,F 处理的产量、大薯率和商品率均高于 B 处理,其中在高、中肥量下,F 和 B 处理间产量呈显著性差异水平,高、中肥量下 F 处理较 B 处理平均增产分别为 2 834.54 kg·hm⁻²和 2 810.83 kg·hm⁻²,增产率分别为 6.5%和 7.4%。

表 4 不同施用量和施用方式对马铃薯产量及商品率的影响

Table 4 Effects of different fertilization methods and amounts on yield and commodity rate of potato					
施肥量 Fertilization amount	施肥方式 Fertilization method	小区产量 plot yield /(kg·57.6m ⁻²)	折合产量 Stem diameter yield/(kg·hm ⁻²)	大薯率 Large tubers /%	商品率 Commodity rate /%
低肥(L) Lower fertilization	B	187.03 ± 4.11e	32469.73 ± 712.98e	50.57 ± 3.16d	87.71 ± 0.53b
	F	192.08 ± 2.35e	33346.64 ± 408.72e	56.93 ± 1.46c	88.61 ± 1.24b
中肥(M) Middle fertilization	B	202.47 ± 4.22d	35150.69 ± 732.47d	65.04 ± 1.66b	90.68 ± 1.17ab
	F	218.66 ± 1.73c	37961.52 ± 299.50c	68.1 ± 1.47ab	91.78 ± 1.05a
高肥(H) Higher fertilization	B	234.86 ± 2.53b	40774.31 ± 439.40b	69.2 ± 0.68ab	92.34 ± 0.82a
	F	251.19 ± 2.60a	43608.85 ± 450.81a	72.14 ± 1.16a	92.68 ± 0.52a
显著性检验(P 值) Significance test(P values)					
施用量 Fertilization amount		0.000	0.000	0.000	0.002
施用方式 Fertilization method		0.000	0.000	0.015	0.315
施用量 × 施用方式 Fertilization amount × Fertilization method		0.150	0.150	0.562	0.906

3 讨 论

作物由于在其生育期缺乏足够养分或在后期出现脱肥现象而导致的减产问题较为普遍,尤其在秋季覆膜施肥的旱作种植区更为严重。本文作者对旱作区全膜马铃薯种植中高效缓控释肥的合理使用量和使用方式作了研究探讨。试验结果表明,高效缓控释肥施用量对旱作全膜马铃薯地上主要生长指标、主要产量形成指标及商品率等的影响均呈现出显著性差异,在施用 900 kg·hm⁻²的高肥水平,其沟施处理 HF 的马铃薯产量、大薯率和商品率均达到最大,分别可达 43 608.85 kg·hm⁻²、72.1% 和 92.7%。施用方式对马铃薯地上生长指标的影响未达到显著性差异,但对马铃薯单株结薯数、单株薯重、大薯个数、大薯重量,以及整体产量和大薯率等主要产量形成指标均表现出显著性差异水平。这可能与缓控释肥的缓慢控制释放性以及集中沟施和表层撒施对肥料养分吸收利用时间及程度等有关,由于肥料养分的控制释放,加之集中沟施有利于作物的吸收利用,因此在马铃薯生长后期发挥了较好的养分补充作用,致使对后期地下块茎及产量的影响较前期地上生长指标的影响大,从而表现出差异显著性。这与郭恒,陈占全等^[24]在全膜覆盖条件下缓释氮肥对马铃薯干物质及产量的影响研究结论相同。该结论显示,缓释氮肥有一定的增产效果,并且对于马铃薯生长后期所需要的氮素有一定的补充作用。本试验分析显示,缓控释肥施用量和施用方式的交互作用对马铃薯地上生长指标及产量的影响均不显著,说明缓控释肥施用方式和量间交互作用的影响不明显。

综合来看,高效缓控释肥在较高量施肥条件下(900 kg·hm⁻²),采用集中沟施的方式进行施肥将有助于旱作区全膜马铃薯产量的提高。但本文作者仅在三种不同施用量和二种不同施用方式下,研究了缓控释肥对马铃薯生长指标和产量的影响,尽管在 900 kg·hm⁻²的高肥量时,出现了产量的最大值,但未找到拐点值。另外,目前由于缓控释肥价格等原因,生产应用并不普遍,因此,对于缓控释肥在全膜马铃薯栽培中的合理施用量以及与传统施肥的效益比较等方面有待做进一步的探索研究。

参 考 文 献:

[1] 刘 兵.缓-控释肥料的研究进展[J].安徽农业科学,2007,35(8):2341-2342.

[2] 张德奇,季书勤.缓-控释肥料的研究应用现状与展望[J].耕作与栽培,2010,22(6):46-48.

[3] Li X Y, Gong J D, Gao Q Z. Incorporation of ridge and furrow method of rainfall harvesting with mulching for crop production under semiarid conditions[J]. Agricultural Water Management, 2001,50:173-183.

[4] Wang X L, Li F M, Jia Y, et al. Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature[J]. Agricultural Water Management, 2005,78:181-194.

[5] 郝万晨.缓释肥料の開発[J].应用化工,2003,32(5):8-10.

[6] 廖宗文,刘可星,王德汉,等.发展有中国特色的控释肥[J].中国农业科技导报,2001,3(4):71-75.

[7] 王恩飞,崔智多,何 璐,等.我国缓控肥研究现状和发展趋势[J].安徽农业科学,2011,39(21):12762-12764.

[8] 陈应许.推广环保型缓释肥是实现农业与环境保护协调发展的重要举措[J].中国产业,2011,(8):18.

[9] 熊又升,陈明亮,熊桂云,等.包膜控释肥养分释放速率测定方法研究[J].华中农业大学学报,2000,19(5):442-444.

[10] 陈剑慧,曹一平,许 涵,等.有机高聚物包膜控释肥氮释放特性的测定与农业评价[J].植物营养与肥料学报,2002,8(1):44-47.

[11] 杜建军,廖宗文,宋 波,等.包膜控释肥养分释放性评价方法的研究进展[J].植物营养与肥料学报,2002,8(1):16-21.

[12] 尹洪斌,石元亮.缓释肥料的研制及其缓效性评价[J].土壤通报,2006,(2):411-413.

[13] 段路路,张 民,刘 刚,等.缓控释肥料养分释放特性评价及快速测定方法研究[J].土壤学报,2009,46(2):299-307.

[14] 刘亚青,薛怀清,张 斌.高分子马铃薯专用缓释肥的制备及肥效研究[J].中北大学学报,2006,27(3):249-252.

[15] 周瑞荣,孙锐峰,肖厚军,等.缓释肥在马铃薯中的应用效果[J].西南农业学报,2010,23(5):1763-1765.

[16] 苟久兰,何佳芳,周瑞荣,等.缓释肥与有机肥配施对马铃薯产量及养分吸收的影响[J].贵州农业科学,2011,39(12):151-153.

[17] 胡莹莹,张 明,宋付朋.缓控肥中磷素在马铃薯上的效应研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(2):174-177.

[18] 杨永奎,胡 辉,张光旭,等.黔西北马铃薯缓释肥施用效果初报[J].贵州农业科学,2012,40(5):64-66.

[19] 唐拴虎,黄 旭,解开治,等.马铃薯应用缓释肥效果研究[J].广东农业科学,2008,(6):7-10.

[20] 彭 玉,孙永健,蒋明金,等.不同水分条件下缓/控释氮肥对水稻干物质和氮素吸收、运转及分配的影响[J].作物学报,2014,40(5):859-870.

[21] 彭 玉,马 钧,蒋明金,等.缓/控释对杂交水稻根系形态生理特性和产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(5):1048-1057.

[22] 杨天海,侯再芬,谢小燕,等.不同缓控释肥用量对黑膜覆盖玉米产量的影响[J].耕作与栽培,2015,(3):43-44.

[23] 李宗新,王庆成,齐世军,等.控释肥对玉米高产的应用效应研究进展[J].华北农学报,2007,22(增刊):127-130.

[24] 郭 恒,陈占全,张亚丽,等.全膜覆盖条件下缓释氮肥对马铃薯干物质及产量的影响[J].河南农业科学,2013,42(6):37-41.