



田艺心,高凤菊,朱冠雄,等.控释肥对黄淮海不同夏大豆品种农艺性状、产量及肥料农学效率的影响[J].黑龙江农业科学,2025(6):34-41.

控释肥对黄淮海不同夏大豆品种农艺性状、产量及肥料农学效率的影响

田艺心,高凤菊,朱冠雄,高 祺,王春雨,华方静,朱金英,李春燕

(德州市农业科学研究院,山东 德州 253051)

摘要:为促进控释肥在大豆上的应用,进一步提升黄淮海大豆单产,以齐黄34、菏豆28、菏豆38、丰豆6号为供试大豆品种,研究不施肥(CK)、控释肥(T1:150 kg·hm⁻²、T2:225 kg·hm⁻²、T3:300 kg·hm⁻²)共4个处理对夏大豆农艺性状、干物质积累、产量及构成因子、肥料贡献率(FCR)及肥料农学效率(FAE)的影响。结果表明,与不施肥(CK)相比,T1~T3控释肥处理均改善了各大豆农艺性状,提高了大豆干物质积累和产量,T3处理下大豆产量和FCR均最高,比CK增产22.14%~28.74%,FCR较高,达18.13%~22.33%。菏豆28与菏豆38的T3与T2处理产量差异不显著,且两品种的FAE在T2处理时最高(分别为2.49和2.03 kg·kg⁻¹),大豆产量构成因素PCA分析聚集性最好。考虑降低肥料成本,适宜采用的控释肥施用量为225 kg·hm⁻²(T2)。齐黄34和丰豆6号在T3处理时FAE最高(分别为2.94和2.66 kg·kg⁻¹),PCA分析得出二者组间相似度最高,因此300 kg·hm⁻²可作为适宜施肥量。综上,控释肥可显著优化大豆植株农艺性状,并能有效增加和协调大豆各器官干物质的积累及分配,提高大豆单株粒数和百粒重,最终提高大豆产量。

关键词:控释肥;大豆;农艺性状;产量;肥料农学效率

近年来,我国大豆产量供不应求^[1],进口大豆依存度已达90%以上,对我国粮食安全造成严重威胁。由于肥料在作物增产贡献中占比40%~60%,是作物增产必不可少的影响因子,因此如何通过施肥提高大豆产量和质量已成为众多大豆研究者亟待解决的问题^[2-3]。传统施肥量大、肥效

低、环境污染严重,已难以满足现代农业绿色发展的要求^[4-5]。因此,我国现代农业迫切需要探索一种绿色高效、稳产高产的施肥技术。控释肥作为一种新型肥料应运而生^[6],主要通过物理或化学方法贮存活性养分物质,并在预期时间内逐渐释放养分,在作物生长过程中一次性施用可满足作

收稿日期:2025-03-13

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04-CES15);山东省农业良种工程项目(2024LZGC030)。

第一作者:田艺心(1986-),女,博士,研究员,从事大豆栽培及育种研究。E-mail:tyxin213@sina.com。

通信作者:高凤菊(1969-),女,硕士,推广研究员,从事大豆栽培及育种研究。E-mail:shizhi86@126.com。

Abstract: In order to optimize and promote the side-deep fertilization technology for cold-region rice, the effects of different proportions of controlled-release urea side-deep application on cold-region rice were analyzed and compared. The results showed that side-deep application of base fertilizer could significantly increased the number of effective panicles per unit area of rice compared with conventional fertilization. The average number of effective panicles per unit area of rice in treatment SD1 (80% controlled-release urea side-deep application), treatment SD2 (60% controlled-release urea combined with 20% urea side-deep application), treatment SD3 (40% controlled-release urea combined with 40% urea side-deep application), and treatment SD4 (20% controlled-release urea combined with 60% urea side-deep application) were increased by 18.5, 25.5, 16.8 and 15.4 panicles·m⁻², respectively. The average yield of rice were increased by 325, 672, 522 and 218 kg·ha⁻¹, respectively, with yield increases of 4.2%, 8.7%, 6.7% and 2.8%, respectively. Among them, the difference between treatment SD2 and treatment FP was significant. The average economic benefits were increased by 848.05, 1 792.45, 1 566.85 and 978.85 yuan·ha⁻¹, respectively. The application of 80% nitrogen fertilizer as base fertilizer side-deep (the ratio of controlled-release urea to ordinary urea was 1:1 to 3:1) combined with 20% urea topdressing at the earing stage had the best yield and economic benefits for rice.

Keywords: controlled-release urea; side-deep fertilization; rice; benefit

物整个生育期的养分需求,减少肥料施用量和施用次数,从而达到轻简化、绿色的施肥效果,是目前我国现代农业集约化生产、施肥转型、肥料减施的一个重要研究方向,对保障我国农业可持续发展、粮食安全及生态文明建设具有重要意义。

目前,已有研究者对控释肥在一些粮食作物^[7-9]、经济作物^[10],以及一些蔬菜瓜果^[11-12]上开展了研究及应用,且普遍施用效果较好。李泽碧等^[13]研究表明,用控释肥替代普通氮肥可提高高粱花后干物质积累量 11.54%~12.41%,提高高粱产量 5.40%~18.66%,氮肥利用率提高 59.28%~63.08%。范仲卿等^[14]在小麦上的研究同样表明,控释氮肥等量替代传统氮肥,小麦地上部生物量显著增加了 13.4%,氮素累积吸收量显著增加了 16.38 kg·hm⁻²,产量增加了 14.97%。温国昌等^[15]在玉米上的研究则表明,施用脲甲醛控释复合肥的玉米产量、农学利用效率和效益较常规复合肥分别提高 5.98%、25.22%和 5.50%。孙明^[16]在番茄上的研究发现,与常规施肥相比,控释肥处理番茄果实中可溶性糖提高 17.2%,有机酸降低 59.7%,维生素 C 提高 38.3%。因此,控释肥在促进植物正常生长、提高作物产量和改善作物品质上具有显著效果,在实现作物高产优质及轻简化生产中具有重要的应用价值。

虽然控释肥应用已较为普及,但在大豆等豆科作物上的研究报道较少,为此,本研究以黄淮海地区 4 个主栽大豆品种为材料,探究控释肥对不同大豆品种农艺性状、干物质积累、产量及相关因子、肥料贡献率以及农学效率的影响,以期对控释肥在大豆上的应用提供理论依据,同时为肥料高效利用及大豆持续高产提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2022 年在山东省禹城市房寺镇乡泽农场示范园进行。该区属暖温带半湿润季风气候,年均气温 13.7℃,年均相对湿度 65%,年均降水量 616.7 mm,且雨热同期,全年最高气温及降水量多集中在 6 月—10 月。该区年均日照时数 2 639.7 h,年均无霜期 292 d,年均太阳辐射量 124.8 kJ·cm⁻²,≥10℃和≥15℃的积温分别达到 4 441℃和 3 898℃,适宜大豆、玉米、小麦等作物生长,是我国夏大豆优势产区之一。试

验地地势平坦,排灌方便,土壤主要为褐化潮土,其 0~20 cm 土层基本理化性质为:有机质含量 14.68 g·kg⁻¹,碱解氮含量 76.23 mg·kg⁻¹,有效磷含量 60.65 mg·kg⁻¹,速效钾含量 156.78 mg·kg⁻¹,pH6.83。

1.2 材料

供试大豆品种均为中熟夏大豆品种,菏豆 28(鲁审豆 20170047)和菏豆 38(鲁审豆 2021004)均由菏泽市农业科学院提供,齐黄 34(国审豆 2013009)和丰豆 6 号(鲁审豆 20210009),均由山东省农业科学院提供。

供试控释肥(N:P₂O₅:K₂O=12:15:12)由山东茂施生态肥料有限公司提供。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 随机区组设计,每个品种分别设置 3 个控释肥处理:T1(150 kg·hm⁻²)、T2(225 kg·hm⁻²)、T3(300 kg·hm⁻²)。以不施肥处理作为对照(CK)。所有肥料均作为底肥一次性条沟施用。各处理 3 次重复,共 48 个处理小区。小区行长 5 m,8 行区,行距 0.5 m,小区面积 20 m²。重复间设 1 m 调查道,四周设 2 m 保护行。6 月 16 日播种,人工起垄穴播,出苗后定苗 16.5 万株·hm⁻²。试验田栽培管理措施同常规管理操作一致。

1.3.2 测定项目及方法 农艺性状测定:收获期,每个小区连续选取 5 株长势一致的大豆植株完整取出,用清水冲掉根部杂物,然后进行室内考种。测量植株株高、底荚高,并统计植株有效分枝、主茎节数、有效荚数、无效荚数、单株粒数、百粒重等性状,计算各性状平均值。

植株干重测定:考种完成后,按根、茎、豆荚等器官分开,分别装于牛皮袋中,在 105℃烘箱中杀青 30 min,再在 80℃下烘干至恒重。称量各器官干重并计算植株总干重。

产量测定:收获期,各小区分别取中间 4 行实收计产(10 m²),脱粒后自然晒干,称量并转换成公顷产量(kg·hm⁻²)。

肥料施用效果参数计算:肥料贡献率(Fertilizer contribution rate,FCR),指施用肥料增加的大豆产量占总产量的百分比。肥料农学效率(Fertilizer agronomic efficiency,FAE)指单位施肥量所增加的大豆产量。

$$Y_{FCR}(\%) = (A - B) / A \times 100$$

$$Y_{FAE} = (A - B) / C$$

式中, Y_{FCR} 指肥料贡献率(%); A 指施肥区产量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$); B 指无肥区产量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$); Y_{FAE} 指肥料农学效率($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$); C 指施肥区产量。

1.3.3 数据分析 用Excel 2010对数据进行统计和分析,用SPSS 17.0进行显著性及相关性分析,用Origin 2021进行主效应(Principal Component Analysis, PCA)分析图的绘制。

2 结果与分析

2.1 控释肥对不同夏大豆农艺性状的影响

由表1可知,相比不施肥处理,控释肥施用后各大豆农艺性状均得到有效改善,其中株高、有效分枝、主茎节数、有效荚数、单株粒数和百粒重均随控释肥施用量增加而增加,底荚高和无效荚数

则随控释肥施用量增加而减小。荷豆28和荷豆38株高、有效分枝、主茎节数、有效荚数、单株粒数和百粒重均在T3最高,与T2差异不显著,均显著高于CK和T1;底荚高在T3和T2处理下均显著低于CK和T1;荷豆28无效荚数在T2、T3处理下显著降低,但荷豆38无效荚数受施肥影响不明显。齐黄34株高和有效荚数均在T3最高,显著高于其他处理;底荚高和无效荚数在T3最低,显著低于CK和T1;有效分枝和主茎节数在T1~T3间差异不显著;单株粒数和百粒重均在T3最高,与T2差异不显著,显著高于CK和T1。丰豆6号在T3处理下株高、有效分枝、有效荚数、单株粒数和百粒重最高,底荚高度和无效荚数最低,与其他处理差异均显著,且T3和T2处理下的主茎节数显著高于CK和T1。

表1 控释肥对不同大豆品种农艺性状的影响

品种	处理	株高/cm	底荚高/cm	有效分枝/个	主茎节数/个	有效荚数/个	无效荚数/个	单株粒数/粒	百粒重/g
荷豆28	CK	81.02 c	9.83 a	0.52 c	17.03 c	34.80 c	0.73 a	84.23 c	21.21 c
	T1	84.90 b	9.67 a	1.08 b	18.60 b	37.80 b	0.33 b	94.10 b	22.47 b
	T2	86.13 a	8.23 b	1.53 a	19.33 a	43.33 a	0.13 c	103.50 a	23.30 a
	T3	86.57 a	8.20 b	1.72 a	19.47 a	44.93 a	0.13 c	108.43 a	23.56 a
荷豆38	CK	72.11 c	12.54 a	0.87 b	16.55 c	31.57 c	1.03 a	80.23 c	27.12 b
	T1	75.23 b	12.33 a	1.10 b	17.20 b	33.60 b	0.80 a	85.44 b	28.05 ab
	T2	78.12 a	11.80 b	1.87 a	18.73 ab	38.80 ab	0.80 a	88.80 a	28.43 a
	T3	78.33 a	11.23 b	2.01 a	19.02 a	40.10 a	0.75 a	90.53 a	28.45 a
齐黄34	CK	61.30 c	11.00 a	1.67 b	16.93 a	38.33 d	1.60 a	88.30 c	24.13 b
	T1	67.23 b	11.67 a	2.07 a	17.00 a	40.60 c	1.27 a	97.23 b	24.70 b
	T2	67.40 b	10.07 b	2.20 a	17.00 a	44.60 b	1.20 a	115.47 a	25.87 a
	T3	68.17 a	10.02 b	2.33 a	17.73 a	49.13 a	0.47 b	122.17 a	26.20 a
丰豆6号	CK	72.53 c	9.92 a	0.63 c	17.13 b	37.35 d	1.13 a	90.21 d	16.69 c
	T1	74.30 b	9.71 a	1.27 b	17.93 b	39.60 c	0.60 b	97.85 c	18.13 b
	T2	75.90 b	9.43 a	1.63 b	18.20 a	43.73 b	0.47 b	103.63 b	18.20 b
	T3	80.13 a	8.60 b	2.01 a	18.47 a	45.93 a	0.20 c	110.21 a	19.17 a

注:不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

2.2 控释肥对不同夏大豆干物质积累的影响

由图1可知,收获期,不同大豆品种各器官植株干重均表现为植株总干重>豆荚干重>茎干重>根干重,且随着控释肥施用量的增加,大豆根、茎、豆荚及植株总干重均逐渐增加,表明一定范围内,增加施肥量有利于提高大豆各器官干物质积累。另外,荷豆28和荷豆38根干重和豆荚干重在T3和T2处理下差异不显著,但均显著高于T1和CK;茎干重和植株总干重在T3最高,各处理间

差异显著。齐黄34根干重在T2和T1间差异不显著,丰豆6号根干重在T1和CK间差异不显著,且齐黄34和丰豆6号茎干重、豆荚干重和植株总干重均表现为T3>T2>T1>CK,各处理间差异显著。通过计算各品种T1~T3施肥处理下各器官干重的增幅(相比于不施肥CK)发现,在同一施肥处理下,齐黄34各器官干重增幅最高,其次为荷豆28和丰豆6号,荷豆38增幅最低。

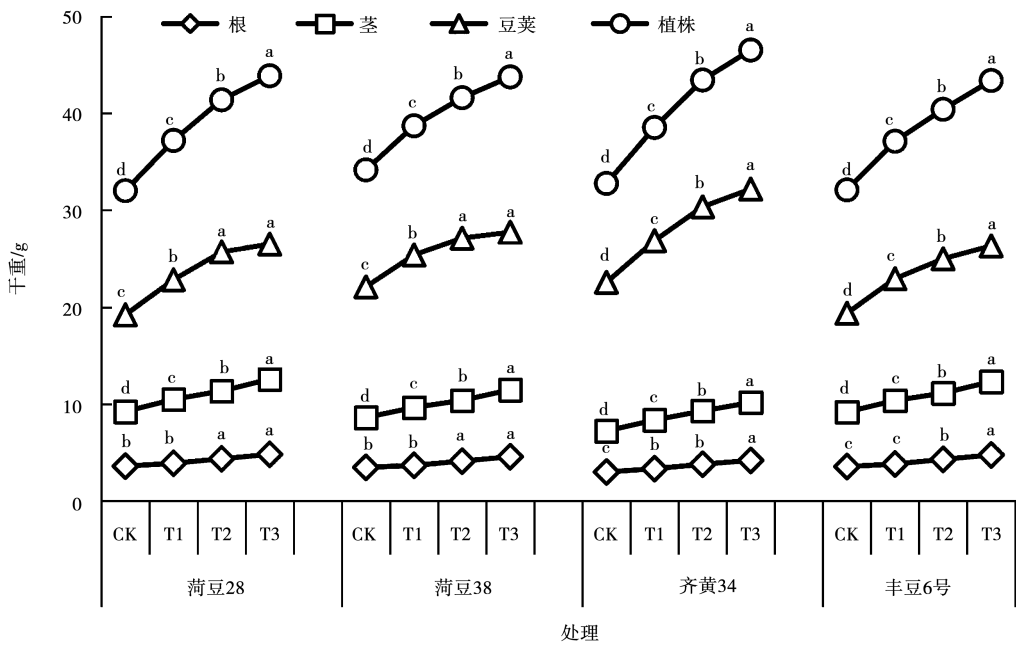


图1 控释肥对大豆各器官干重的影响

注:不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

2.3 控释肥对不同夏大豆产量的影响

由图2可知,控释肥不同施用量下,各大豆品种产量表现不一。相比CK不施肥处理,不同用量控释肥均增加了大豆产量,且产量随着控释肥施用量增加而增加,均表现为 $T3 > T2 > T1 > CK$ 。其中荷豆28和荷豆38大豆产量在 $T3$ 与 $T2$ 间差异不显著,均显著高于 $T1$ 和 CK ,

$T1$ 显著高于 CK ,且 $T3$ 处理下,荷豆28产量为 $3\,592.20\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,荷豆38产量为 $3\,308.85\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。齐黄34和丰豆6号大豆产量在不同处理间均差异显著,均以 $T3$ 处理表现最高,分别为 $3\,953.65$ 和 $3\,576.45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,显著高于其他处理。参试大豆品种中,齐黄34平均产量最高,其次为荷豆28和丰豆6号,荷豆38产量相对较低。

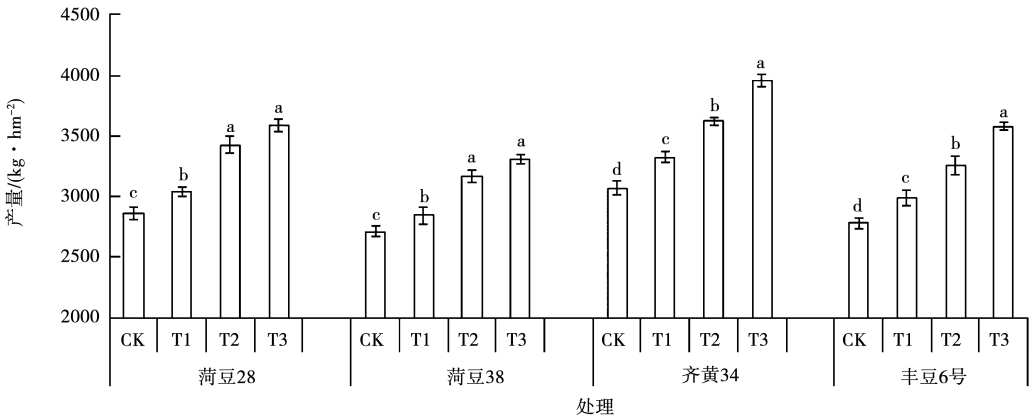


图2 控释肥对不同大豆品种产量的影响

注:不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

2.4 控释肥与大豆产量及产量构成因子的相关性分析

对控释肥施用与大豆产量及产量构成因子进行相关性分析,由表2可知,施肥处理与荷豆28有效荚数显著正相关,与无效荚数显著负相关,与单株粒数、百粒重、产量均呈极显著正相关;与荷

豆38百粒重显著正相关,与单株粒数、产量均极显著正相关;与齐黄34单株粒数、百粒重均显著正相关,与产量极显著正相关;与丰豆6号有效荚数、单株粒数、百粒重均呈显著正相关,与无效荚数极显著负相关,与产量极显著正相关。

表明,参试大豆单株粒数、百粒重均与施肥处

理呈显著或极显著正相关,产量与施肥呈极显著正相关,表明控释肥对大豆单株粒数和百粒重影响较大,进而影响大豆产量。同时由表 2 可以看

出,受品种本身遗传特性影响,施肥处理对不同大豆品种产量及构成因子影响不同,相关性表现各异。

表 2 控释肥与大豆产量及产量构成因子的相关性分析

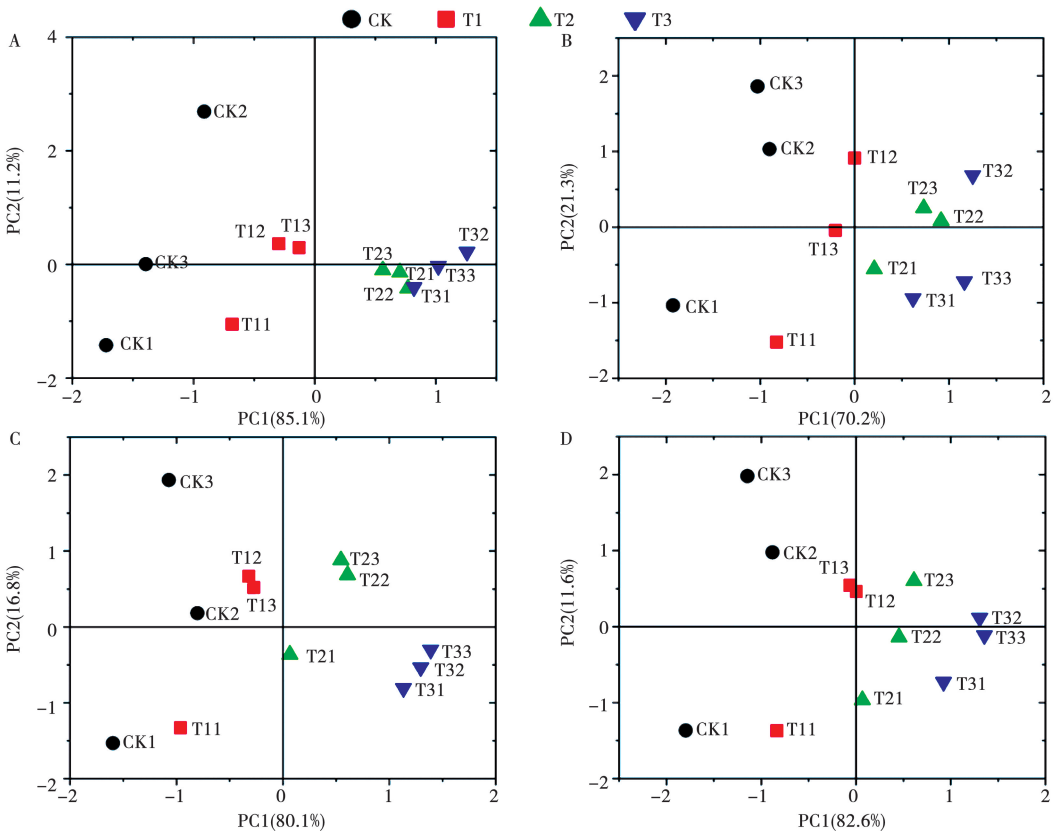
相关指标	品种	相关系数				
		有效荚数	无效荚数	单株粒数	百粒重	产量
施肥	荷豆 28	0.965*	-0.966*	0.992**	0.990**	0.995**
	荷豆 38	0.948	-0.940	0.996**	0.964*	0.995**
	齐黄 34	0.947	-0.899	0.961*	0.960*	0.999**
	丰豆 6 号	0.966*	-0.994**	0.990*	0.976*	0.999**

注:* 和 ** 分别表示在 $P<0.05$ 水平和 $P<0.01$ 水平显著相关。

2.5 控释肥对不同大豆产量构成因素的主成分分析

对不同大豆品种的产量构成因素进行 PCA 分析,不同控释肥处理下,各大豆产量构成要素分别聚类,同一处理间距离近表明产量构成因素总体差异小,距离远则表明差异大。由图 3A、B 可以看出,荷豆 28 和荷豆 38 在对照 CK 和 T1 处理下,各产量构成因素相对独立且分散,在 T2 和 T3 处理下聚集性较高,说明控释肥在 T2 和 T3 施用量下,大豆产量构成因素组间相似度较高,尤

其在 T2 处理下,各样品之间最为接近,聚集度最高,产量构成因素最为稳定。由图 3C、D 可以看出,齐黄 34 和丰豆 6 号在 CK、T1、T2 处理下,各样品间均比较分散,在 T3 处理下聚集性较好,表明控释肥在 T3 处理下组间相似度高。另外,不同处理下,大豆产量构成要素的区别主要体现在主成分 PC1 上,且各品种(荷豆 28、荷豆 38、齐黄 34 和丰豆 6 号)的贡献率分别为 85.1%、70.2%、80.1% 和 82.6%。



A. 荷豆 28; B. 荷豆 38; C. 齐黄 34; D. 丰豆 6 号。

图 3 控释肥对不同大豆产量构成因素的主成分分析

2.6 控释肥对不同夏大豆肥料施用效果指标的影响

由表3可以看出,各参试大豆品种随着控释肥施用量的增加,肥料贡献率增加,表明施用肥料后,增加的大豆产量在总产量中占比逐渐增多,尤其在T3处理时,各参试大豆品种(荷豆28、荷豆38、齐黄34和丰豆6号)肥料贡献率均表现最高,分别为20.36%、18.13%、22.33%和22.31%。进一步对各参试品种的肥料农学效率进行计算,发现荷豆28和荷豆38随着施肥量的增加,肥料农学效率先增后降,均在T2处理时表现较高,分别为2.49和2.03 kg·kg⁻¹。齐黄34和丰豆6号随着施肥量的增加,肥料农学效率逐渐增加,均在T3处理时表现最高,分别为2.94和2.66 kg·kg⁻¹。

表3 控释肥对大豆肥料施用效果指标的影响

品种	处理	肥料贡献率/%	肥料农学效率/(kg·kg ⁻¹)
荷豆28	T1	5.76	1.17
	T2	16.40	2.49
	T3	20.36	2.44
荷豆38	T1	4.85	0.92
	T2	14.40	2.03
	T3	18.13	2.00
齐黄34	T1	7.64	1.69
	T2	15.18	2.44
	T3	22.33	2.94
丰豆6号	T1	7.03	1.40
	T2	14.76	2.14
	T3	22.31	2.66

3 讨论

肥料会影响大豆植株个体发育,进而影响植株群体构建。本研究发现,控释肥施用后各大豆农艺性状均得到有效改善,其中株高、有效分枝、主茎节数、有效荚数、单株粒数和百粒重均随控释肥施用量增加而增加,底荚高和无效荚数则随控释肥施用量增加而减少。这与前人在水稻^[17]、玉米^[18]、番茄^[19]、小麦^[20]等作物上的研究结果相一致,即控释肥施用能显著改善作物的农艺性状。另外,参试大豆品种中,荷豆28和荷豆38在T2和T3处理时,大豆农艺性状均表现较好,齐黄34和丰豆6号则均在T3处理时表现最优,不同品种农艺性状受施肥影响表现不同,这可能与品种本身遗传特性有关。

充足的干物质积累是作物高产的基础。王朝

伟等^[21]在黄淮海大豆上的研究表明,施用控释肥后,皖豆37全株的生物量提高2.7%~6.6%,中黄13提高0.7%~3.8%。本研究结果与其相类似,随着控释肥施用量的增加,大豆根、茎、豆荚及全株总干重均逐渐增加,且全株干重>豆荚干重>茎干重>根干重,表明一定范围内增加施肥量,有利于提高大豆各器官干物质积累,且能有效协调干物质积累分配,促进营养器官干物质向籽粒转移,进而为高产奠定充足的物质基础。这与课题组前期在高蛋白大豆冀豆12和荷豆37上的研究结果一致^[22-23],同时也说明控释肥在大豆生育后期肥效作用发挥明显,养分释放速度与作物需求相吻合,满足了豆荚对养分的需求,豆荚干重增加,利于大豆籽粒产量提高。

有学者研究发现^[24],水稻施用控释氮肥与施用等养分的尿素相比产量可增加6.50%~16.30%;控释肥处理的冬小麦与尿素相比,可增产10.03%~11.17%;大豆施用控释尿素比普通尿素可提高产量21.69%~49.22%。本研究结果与前人研究结果一致,荷豆28、荷豆38、齐黄34和丰豆6号在T3处理时比不施肥对照分别增产40.27%、37.35%、42.68%和44.30%,表明控释肥对作物增产效果明显。同时,由于参试大豆品种产量均随肥料施用量增加而增加,表明控释肥施用量过低,也难以满足植株生长发育对养分的需求,只有达到一定的施肥量,才能充分发挥控释肥的优势。本研究中,荷豆28和荷豆38在T2与T3处理时大豆产量差异不显著,考虑肥料成本因素,荷豆28和荷豆38可采用施用量为225 kg·hm⁻²的控释肥;齐黄34和丰豆6号在T3处理产量显著高于其他处理,因此可施用控释肥300 kg·hm⁻²。

吕巨智等^[25]研究表明,控释肥对玉米增产的影响因子主要在于单穗粒数和千粒重;邹建祥等^[26]在小麦上的研究同样发现,控释肥对小麦增产的影响因子主要在于穗数和穗粒数。本研究结果与前人研究相类似,参试大豆单株粒数、百粒重均与施肥处理显著正相关,产量与施肥极显著正相关,控释肥对大豆增产的影响因子主要在于单株粒数和百粒重。究其原因可能与控释肥本身的施肥优势有关,不仅肥效期长,而且可根据作物的营养需求特点进行针对性释放,尤其在后期作物籽粒营养物质积累方面,肥效作用发挥突出。另外,对各大豆品种产量构成因素进行主成分分析发现,控

释肥配施处理后,样品聚集性较好,组间相似度较高,控释肥一定程度上促进大豆高产和稳产。

进一步对控释肥的肥效指标进行分析,结果发现,各参试大豆品种的肥料贡献率随施肥量增加而增大,在 T3 处理可达 18.13%~22.33%, 荷豆 28 和荷豆 38 肥料农学效率均在 T2 最高,分别为 2.49 和 2.03 kg·kg⁻¹;齐黄 34 和丰豆 6 号肥料农学效率均在 T3 最高,分别为 2.94 和 2.66 kg·kg⁻¹。这一方面表明控释肥对作物增产效果明显,另一方面表明同一肥料在不同大豆品种的施用效果略有不同,控释肥对各品种的具体影响机理还有待于进一步研究。

另外,有研究发现^[27-28],由于控释肥的滞后释放,作物前期生长发育易养分不足,控释肥和其他肥料配施对作物生长更有利。本研究针对现代农业施肥轻简化的趋势,仅针对控释复合肥单一施用进行了研究,对控释肥和其他肥料配施对大豆施用效果仍需进一步研究。且目前大豆专用控释肥种类较少,可选择性不多,实际应用中各种养分的肥效受肥料包膜性质、土壤性质等影响因子影响较大,因此控释肥在研发生产中及大田作物实际应用中还需深入研究和试验。

4 结论

综上所述,本研究条件下,控释肥施用后可显著优化大豆植株农艺性状,并能有效增加和协调大豆各器官干物质的积累及分配,促进营养器官干物质向籽粒转移,最终提高大豆产量。荷豆 28 和荷豆 38 在 T3 处理(300 kg·hm⁻²)时大豆产量最高,分别比对照增产 25.56% 和 22.14%,但与 T2(225 kg·hm⁻²)处理差异不显著,且肥料农学效率在 T2 处理时最高(分别为 2.49 和 2.03 kg·kg⁻¹),考虑降低肥料成本,荷豆 28 和荷豆 38 可采用的控释肥施用量为 225 kg·hm⁻²。齐黄 34 和丰豆 6 号在 T3 处理时农艺性状、干物质积累、产量、肥料贡献率及农学效率均最优,因此可采用的控释肥施用量为 300 kg·hm⁻²。

参考文献:

[1] 罗屹,史畅,黄汉权,等.中国大豆多元化布局和替代战略前景[J].中国农业文摘-农业工程,2023,35(6):65-71.

[2] 郝小雨,马星竹,周宝库,等.黑龙江省肥料减施增效技术应用现状及展望[J].黑龙江农业科学,2024(2):100-104.

[3] 周欣,陈士亮,王瑞霞,等.氮磷钾肥不同用量配施对春大豆干物质积累和经济效益的影响[J].河北农业科学,2023,27(6):28-34,40.

[4] 孙贺祥,张子娇,何德鑫,等.耐密型大豆品种农艺和产量性状对增密减肥的响应[J].沈阳农业大学学报,2023,54(6):641-650.

[5] 曹巍,高惠嫣,王鑫鑫,等.不同配施肥措施对滨海盐碱地大豆生长和产量的影响[J].江苏农业科学,2023,51(22):53-60.

[6] 杨俊英.缓控释肥的研究进展及展望[J].山东化工,2023,52(21):109-111.

[7] 岳伟,金珊珊.控释肥减量施用对玉米产量及物质积累的调控效应[J].特种经济动植物,2023,26(12):37-38,44.

[8] 吕浩楠,周晓嘉,吴金鹏,等.控释氮肥在稻麦轮作体系上应用的研究进展[J].山东农业大学学报(自然科学版),2023,54(6):923-929.

[9] 张蛟,陈澎军,韩继军,等.盐逆境下施用缓释肥及其减氮处理对水稻生长、穗部性状、产量及品质的影响[J].江苏农业学报,2023,39(7):1483-1491.

[10] 梁鸡保,王蓉,李瑞,等.控释肥施用对带状复种植黑豆和谷子农艺性状及产量的影响[J].江西农业学报,2023,35(11):57-62.

[11] 郑树林,严加安,李玉晓,等.保水型控释肥对番茄农艺性状的影响[J].肥料与健康,2022,49(5):41-43,54.

[12] 魏元秀,井大炜,刘春生,等.控释肥对西瓜生长发育的影响[J].现代农业科技,2011(15):107-108,110.

[13] 李泽碧,黄娟,张亚勤,等.推荐施肥量下控释肥替代普通尿素提高高粱产量和氮肥生产力[J].植物营养与肥料学报,2024,30(1):49-62.

[14] 范仲卿,包涛涛,杨武杰,等.氮肥控释替代及配施腐植酸对小麦产量和土壤氮素的影响[J].腐植酸,2023(5):28-33,42.

[15] 温国昌,李保军,史明山,等.不同缓/控释肥对玉米产量·经济效益及肥料利用率的影响[J].安徽农业科学,2024,52(2):136-138.

[16] 孙明.控释肥一次性施用对番茄生长和品质影响[D].武汉:华中农业大学,2022.

[17] 解艳玲,张骞,马玲芳,等.控释肥对水稻性状、产量的影响与最佳施用量研究[J].农业科学研究,2023,44(4):15-20.

[18] 霍自美.控释肥减量施用对玉米产量和性状的影响[J].特种经济动植物,2024,27(1):28-29,52.

[19] 徐丽萍,巨昇容,王远,等.江苏设施菜地控释氮肥一次性基施增效减排效果研究[J].农业环境科学学报,2021,40(5):1106-1114,1141.

[20] 潘小利.控释肥一次性施肥技术在如东县小麦生产上的应用初探[J].上海农业科技,2022(4):101-102,130.

[21] 王朝伟,杜祥备,韦志,等.控释肥施用方式对黄淮海大豆产量形成和经济效益的影响[J].大豆科学,2020,39(5):775-780.

[22] 田艺心,曹鹏鹏,高凤菊,等.控释复合肥对高蛋白大豆农艺性状·产量及效益的影响[J].安徽农业科学,2023,51(5):155-158.

[23] 田艺心,高凤菊,曹鹏鹏,等.不同施肥方式对高蛋白夏大豆生理特性、产量及品质的影响[J].山西农业科学,2022,50(12):1674-1679.

- [24] 马松,许自成,苏永士,等.控释肥养分控释特性及其应用研究进展[J].江西农业学报,2010,22(4):69-72.
- [25] 吕巨智,石达金,周勋波,等.缓控释肥对春玉米干物质积累、产量和经济效益的影响[J].山东农业科学,2023,55(3):132-136.
- [26] 邹建祥,宁运旺,王孟兰,等.缓控释肥料中缓释氮比例对小麦产量及养分吸收和效率的影响[J].中国农技推广,2023,39(3):63-66.
- [27] 高丽超,郑文魁,郭新送,等.控释肥配施玉米秸秆对麦季土壤酶活性及养分的影响[J].水土保持学报,2022,36(6):356-363.
- [28] 解文艳,周怀平,杨振兴,等.控释尿素与普通尿素配施对春玉米产量、氮肥利用及经济效益的影响[J].干旱地区农业研究,2020,38(5):31-38.

Effects of Controlled-Release Fertilizer on Soybean Agronomic Characters, Yield and Fertilizer Agronomic Efficiency in Huang-Huai-Hai Region

TIAN Yixin, GAO Fengju, ZHU Guanxiong, GAO Qi, WANG Chunyu, HUA Fangjing, ZHU Jinying, LI Chunyan

(Dezhou Academy of Agricultural Sciences, Dezhou 253051, China)

Abstract: In order to promote the application of controlled-release fertilizer on soybean and further improve the yield of soybean per unit area in Huang-Huai-Hai Region. The soybean varieties Qihuang 34, Hedou 28, Hedou 38 and Fengdou 6 were used in the experiment. Four treatments were set up with no fertilization (CK) and controlled release fertilizer (T1:150 kg·ha⁻¹, T2:225 kg·ha⁻¹, T3:300 kg·ha⁻¹), the effects of four treatments on agronomic traits, dry matter accumulation, yield and yield components, fertilizer contribution rate (FCR) and fertilizer agronomic efficiency (FAE) of summer soybean were studied. Compared with no fertilizer (CK), T1-T3 controlled release fertilizer treatment improved the agronomic traits of soybean and increased the dry matter accumulation and yield of soybean. The soybean yield and FCR under T3 treatment were the highest, and the yield was 22.14%–28.74% higher than CK, and the FCR was 18.13%–22.33%. There was no significant difference in T3 and T2 yields between Hedou 28 and Hedou 38, and FAE was the highest in T2 treatment (2.49 kg·kg⁻¹ and 2.03 kg·kg⁻¹, respectively), PCA analysis of soybean yield components showed the best aggregation. Considering the reduction of fertilizer cost, 225 kg·ha⁻¹ (T2) was the suitable application amount of controlled release fertilizer. Qihuang 34 and Fengdou 6 had the highest FAE in T3 treatment (2.94 kg·kg⁻¹ and 2.66 kg·kg⁻¹, respectively), and the similarity between groups was the highest under PCA analysis. So 300 kg·ha⁻¹ could be used as the suitable fertilizer dosage. In conclusion, controlled release fertilizer can significantly optimize the agronomic traits of soybean plants, effectively increase and coordinate the accumulation and distribution of dry matter in various organs of soybean, increase the number of grains per plant and 100-seed weight of soybean, and ultimately increase soybean yield.

Keywords: controlled-release fertilizer; soybeans; agronomic traits; yield; fertilizer agronomic efficiency

欢迎关注本刊微信公众号

