根控肥(CULTAN)对小麦生长发育及品质的影响

王姣爱[1]，张淑香[2*]，裴雪霞[1]，张定一[1]
(1. 山西农科院临汾小麦研究所，山西 临汾 041000；2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所，北京 100081)

摘　要：根据德国波恩大学Sommer教授提出的CULTAN的原理与关键配方，结合我国肥料资源的特点，在山西临汾研究了根控肥和传统施肥处理对小麦生长发育及品质的影响，结果表明：根控肥处理比传统施肥处理不论从小麦的生长发育，还是品质方面都表现出较好的优势，尤其是硫铵、尿素和DCD添加剂混合物的根控肥处理其面团的吸水率、稳定时间和评价值明显提高。同时根控肥处理土壤剖面中碱解氮的含量显著高于传统施肥处理。因此在生产优质强筋小麦的地区，应推广施用根控肥，达到优质小麦产量与品质的协调统一。

关键词：小麦；根控肥；产量；品质
中图分类号：S145.6　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-7601(2007)02-0054-04

氮肥是提高作物产量的一项重要措施，即使在当前平衡施肥的时代，氮肥对农作物的产量仍起着举足轻重的作用。我国目前氮肥施用量约2 000万t，占化肥总量的50%以上。目前我国氮肥的当季利用率为30%～35%，氮肥损失量高达900万t，相当于尿素1 900多万t。氮肥利用率低一直是困扰我国农业生产的突出问题。氮肥在土壤里移动性强，残留量少。主要原因是施入土壤后由氨的挥发、淋溶、硝化和反硝化等途径而损失。这不仅降低了氮肥的增产效果，浪费了有限的氮肥资源，而且造成了严重的环境污染，地下水硝酸盐过量，地面水富营养化和对臭氧层的破坏等一系列环境问题[1,2]。因此，提高氮肥利用率，减少农田的氮肥损失量，提高增产效果，减少环境污染已刻不容缓。

许多学者从氮肥的施用方法上进行了研究，取得了一定的效果。也有人通过物理包膜、化学反应、以及生物化学的方法，研究减少氮肥损失的可能途径，并有缓释肥形式的氮肥产品生产出来。但由于其成本很高，难以直接应用在农业生产上。德国波恩大学植物营养研究所Sommer教授开发的一种新型根控肥料(Controlled uptake long term ammonium nutrition)，是集氮肥形态、施肥方法与施肥时期一体的综合措施。其特点是氮肥的形态以铵态氮有机肥料为主要氮源，将高浓度的NH^+集中施于根系范围内，形成以肥料施入点为中心的一定范围的由内到外有一定浓度的肥料圈。通过根系的生长速度与代谢速度控制作物对养分的吸收速率，称之为根控肥料[3～8]。临汾市地势平坦，海拔300～600 m，属半干旱气候区，年平均气温12℃～14℃，无霜期182～210 d，年降雨量500～600 mm，小麦全生育期降雨量平均为200～300 mm，全年日照时数2 000～2 800 h，年积温4 500℃～5 000℃。本试验利用CULTAN的原理，以铵态氮、尿素和DCD添加剂混合，结合当地传统的施肥习惯，制定根控肥的施肥方案，在山西省临汾市进行了小麦根控肥与传统肥料的试验，研究了根控肥对小麦生长发育和品质的影响，以期为制定小麦的根控肥料配方提供了依据。

1　试验材料和方法

1.1　试验地基本情况

试验于2004～2005年在山西省临汾市洪堡村中水肥地上进行，土壤有机质含量14.4 g/kg，碱解氮为59.6 mg/kg，速效磷为22.62 mg/kg，速效钾为110 mg/kg。前茬作物是夏玉米。2004年10月1日收获玉米后，即整地播种小麦，播期10月1日。小麦品种为临优145，属强筋小麦品种，播量225 kg/hm^2。行距20 cm。2005年6月12日收获小麦。在小麦整个生育期中，浇返青水(2005年2月20日)和麦黄水(2005年5月20日)。

1.2　肥料处理的设计与施用方法

试验全部处理的氮磷钾肥料配比为1∶1∶0.5，共设6个处理，随机区组设计，每小区为15 m^2，4次重复。肥料N的用量为150 kg/hm^2，即每小区的氮肥用量为0.225 kg。6个处理分别为：(1) 不施氮肥(对照)；(2) 传统肥1(尿素)；(3) 传统肥2(碳铵)；(4) 根控肥1(1/2 N碳铵＋1/2 N尿素＋DCD

收稿日期：2006-09-26
基金项目：山西省科技攻关项目(0310008)
作者简介：王姣爱(1962～)，女，山西洪洞人，副研究员，主要从事小麦品质生理和栽培研究工作。
*通讯作者：张淑香，博士，研究员。E-mail：sxzhang@ppic.caas.ac.cn。

中国知网 http://www.cnki.net

添加剂);(5) 根控肥 2(1/3N 硫铵+2/3 N 尿素+DCD 添加剂);(6) 根控肥 3(硫铵+DCD 添加剂)。所有处理的磷、钾肥均作为基肥在播种时施用。处理 2、3 的氮肥以肥料原有形态作为基肥形式施入;处理 4、5、6 在小麦返青后施根控肥,施肥方法以液体的形式注入,液体的浓度为 60 mg/kg,每两行小麦注射点的距离为 10 cm,注射深度为 10 cm,每点注射量为 10 mL。在本文中处理之间的比较,是将氮肥形态、施肥方法作为一个整体进行比较。

1.3 调查内容及测定项目与方法

(1) 生育期中调查基本苗、冬前茎数、最高茎数、单位面积穗数、株高。

(2) 收获时取样调查千粒重、穗粒数、产量,测定籽粒含 N 量、秸秆含 N 量,并取籽粒样品 2 kg 用于品质指标分析。

(3) 面粉用 Brabender senior 实验磨粉机制粉,出粉率在 60%左右;全麦粉用高速万能粉碎机制取。蛋白质含量采用 GB5511－85 标准微量凯氏定氮法测定。湿、干面筋含量按照 GB/TI4608－93 的方法测定。沉降值按照 AACC 56－61 方法测定。面粉粉质参数用德国 Brabender 公司生产的粉质仪测定。

(4) 小麦收获后测定土壤 0～30 cm、30～60 cm 和 60～90 cm 土层的碱解 N 含量。

应用 DPS(Data processing system)分析软件对有关数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对小麦产量及农艺性状的影响

从表 1 可以看出,传统施肥处理(2、3)春季最高茎蘖数、冬前茎蘖数和基本苗数均高于不施氮肥对照(1)和根控肥处理(4、5、6),这与其播种时施用氮肥有利于成苗和促进冬前分蘖有关;其单位面积的成穗数较少,以处理 3 为最少。除根控肥 1 之外,其它两种根控肥的成穗数明显高于传统施肥处理,说明在全生育期施一次肥料时,根控肥可以提高小麦的分蘖成穗率,而且增加每穗的结实粒数,对千粒重影响不大。而传统施肥处理在小麦生育中后期脱肥,影响小麦的分蘖成穗率和每穗结实数。经方差分析表明,小麦产量在各个处理之间的差异达到显著水平,以根控肥 1(碳铵+尿素+DCD 添加剂)和根控肥 2(硫铵+尿素+DCD 添加剂)为氮肥的小麦产量显著高于不施氮对照和传统施肥处理;根控肥 3 的产量显著高于不施氮对照,但与传统施肥处理比较差异不显著。可见以铵态氮+尿素+DCD 添加剂作为氮肥可以提高小麦的分蘖成穗率、每穗的结实粒数,显著提高小麦的产量。

在小麦生育期间对小麦植株农艺性状调查,施用根控肥的三个处理比传统施肥的二个处理植株叶色深绿,茎杆粗壮,株高普遍降低,一定程度上提高了小麦的抗倒伏能力。如图 1,不同处理的株高差异显著,传统施肥处理高于不施肥处理,其中施用尿素的处理株高最高;与传统施肥相比,施用根控肥可明显降低株高,尤其是根控肥 2(硫铵+尿素+ DCD 添加剂),作为氮肥施用的株高降低最多,这不仅可以抗倒伏,而且降低了营养生长消耗,有利于生殖生长。

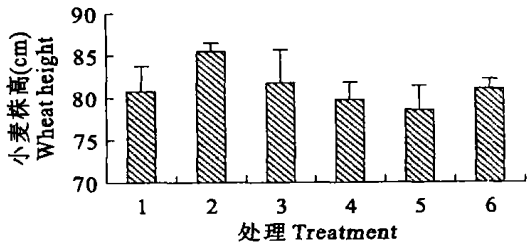

图 1　不同施肥处理对小麦成熟期株高的影响

Fig. 1　Effect of different treatments on wheat height in harvest time

表 1　不同处理对小麦产量与生物学性状的影响

Table 1　Effect of different treatments on yield and biocharacter of winter wheat

处理 Treatments	基本苗 Number of wheat seedling (10^4/hm^2)	冬前茎数 Number of tilering before winter (10^4/hm^2)	最高茎数 Max number of tilering (10^4/hm^2)	成穗数 Ear number (10^4/hm^2)	穗粒数 Number of each ear	千粒重 Weight of 1000-grain (g)	产量 Economic yield (kg/hm^2)
1	378±63$_b$	1220±264$_b$	1239±217$_c$	670±94$_b$	29.7±3.4$_c$	36.5±2.4$_b$	4868±232$_c$
2	394±13$_a$	1565±141$_a$	1596±267$_a$	700±104$_b$	30.8±1.9$_b$	36.3±1.7$_b$	5385±520$_b$
3	393±53$_a$	1496±428$_a$	1503±289$_a$	689±91$_b$	29.3±2.3$_c$	37.8±2.1$_a$	5355±517$_b$
4	375±67	1374±220$_b$	1419±151$_b$	731±116$_a$	32.1±4.1$_a$	36.6±2.8$_b$	5783±390$_a$
5	359±32$_c$	1379±442$_b$	1483±187$_b$	786±87$_a$	31.2±1.2$_b$	36.2±1.7$_b$	6013±618$_a$
6	389±42$_b$	1350±150$_b$	1453±280$_b$	720±43$_a$	33.0±3.4$_a$	35.6±1.3$_c$	5705±307$_{ab}$

中国知网　https://www.cnki.net

2.2 不同处理对小麦植株含氮量和籽粒品质的影响

小麦成熟期秸秆的含氮量在不同施肥处理之间有明显差异(图2),与不施氮对照比较,传统施肥的两个处理中,施用尿素的秸秆含氮量显著提高,而施用碳铵的秸秆含氮量提高不明显。施用根控肥的三个处理,其秸秆含氮量均明显高于不施氮对照和传统施肥(碳铵),但与传统施肥(尿素)相似或略高。籽粒含氮量在不同施肥处理之间也有明显差异(图3),传统施肥的两个处理比不施氮对照高,施用根控肥的三个处理显著高于不施氮对照和传统施肥处理。

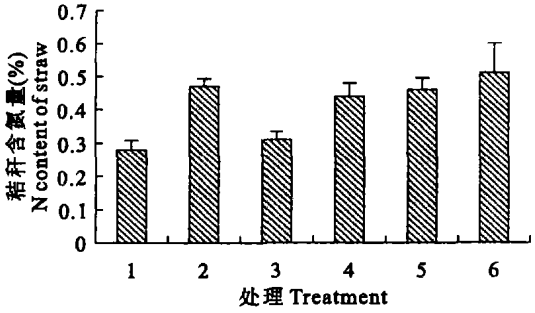

图2 不同施肥处理对小麦秸秆含氮量的影响

Fig.2 Effect of different treatments on N content of straw

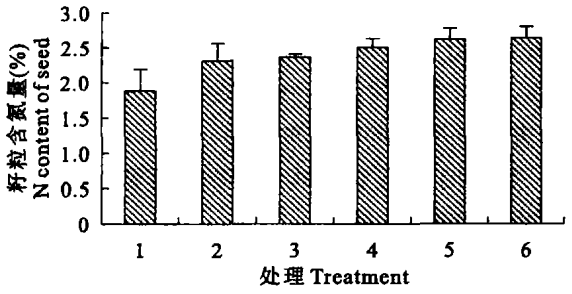

图3 不同施肥处理对小麦籽粒含氮量的影响

Fig.3 Effect of different treatments on N content of seed

根控肥可以改善小麦营养品质,分析小麦籽粒品质(表2)可以看出,施用根控肥处理的小麦蛋白质含量优于传统肥,传统肥处理优于对照;根控肥处理的蛋白质含量明显高于传统肥和对照,差异达到显著水平。沉降值、湿面筋以及干面筋与传统肥和对照相比达到显著或极显著水平。根控肥2的沉降值、湿面筋和干面筋含量比传统肥2提高9.5 mL、4.97%和1.48%,比对照提高19 mL、11.35%和3.53%;其次是根控肥3的小麦营养品质好于其它处理。不同处理的面粉吸水率、稳定时间、总评价值都有不同程度的差异。施肥处理比对照小麦面粉吸水率都有提高,根控肥处理比传统肥处理吸水率高。根控肥处理的面团稳定时间比传统施肥长,根控肥2处理的稳定时间达到27 min。比传统肥2稳定时间长5 min,比不施肥对照长7 min。综合分析面团的流变学参数,根控肥2面团加工品质最好,其次是根控肥3和根控肥1,传统肥处理较差,对照最差。从本试验看,根控肥适应本地小麦生产,可以提高小麦产量,改善小麦品质。

表2 不同施肥处理对小麦品质的影响

Table 2 Effect of different treatments on winter wheat quality

处理 Treatments	蛋白质(%) Protein	沉降值(mL) Sediment-tation value	湿面筋(%) Wet gluten	干面筋(%) Dry gluten	吸水率(%) Water absorption	稳定时间(min) Stable time	评价值 Valorimeter value
1	10.74±1.76$_c$	35.50±2.50$_c$	32±2.54$_c$	10.47±0.84$_b$	61.6±0.23$_c$	20±0.5$_c$	72±4$_c$
2	13.43±1.48$_b$	50.25±1.89$_{ab}$	39.55±2.36$_{ab}$	13.17±1.41$_a$	63.0±0.31$_b$	23±2$_b$	84±1.5$_{ab}$
3	13.42±1.27$_b$	45.00±5.36$_b$	38.38±1.22$_b$	12.52±0.38$_a$	62.6±0.2$_{bc}$	22±1.5$_{bc}$	83±1$_b$
4	14.28±0.72$_a$	50.25±5.90$_{ab}$	42.45±3.67$_{ab}$	13.75±1.03$_a$	63.2±0.2$_b$	23±1$_b$	84±1.5$_{ab}$
5	14.96±0.94$_a$	54.50±3.26$_a$	43.35±3.49$_a$	14.0±1.11$_a$	64.8±0.2$_a$	27±1.5$_a$	88±0.5$_a$
6	14.89±0.65$_a$	53.25±3.69$_a$	42.9±2.43$_a$	13.35±0.85$_a$	63.6±0.7$_b$	24±1$_b$	86±1.5$_{ab}$

2.3 不同处理对土壤碱解氮含量的影响

图4为小麦收获期土壤养分分析结果。0～30 cm土层的土壤碱解氮含量,无肥对照最高,传统施肥(尿素)处理较低,传统施肥(碳铵)处理最低,施用根控肥的三个处理均比无肥对照低、比传统施肥(碳铵)处理高,达到了统计学上的显著水平。30～60 cm和60～90 cm土层的碱解氮含量在处理之间的变化特点与0～30 cm土层相似。对照的碱解氮含量最高,可能与该处理小麦产量低、所吸收的养分少有关。

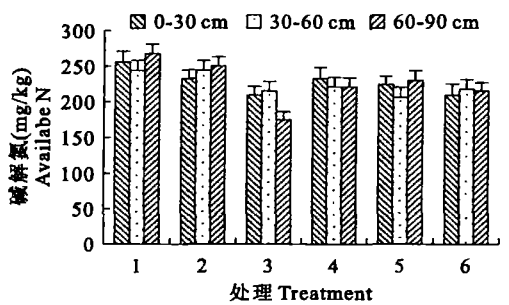

图4 不同施肥处理对土壤剖面中碱解氮含量的影响

Fig.4 Effect of different treatments on available N in soil profile

中国知网 https://www.cnki.net

3　小结与讨论

许多研究表明[9,10],小麦的产量和品质不但与施氮量有关,而且与施氮时期有密切关系。但有关氮肥形态和施用方法与小麦产量、品质关系的研究报道较少。本试验中根控肥处理与传统施肥处理的主要区别是氮肥形态和施用方法不同,结果表明:根控肥处理通过改变氮肥的形态和施肥方法,达到促进小麦的生长发育,特别是促进有机物质向籽粒转化,提高了小麦的产量,改善了品质。氮肥施肥量一定时,根控肥与传统肥对小麦产量和品质有不同的影响,施用根控肥对小麦的营养品质和加工品质具有明显的改善作用,面团的吸水率、形成时间、稳定时间明显提高。尤其是根控肥 2(硫铵+尿素+DCD 添加剂混合物)的效果明显好于传统肥和其它根控肥,这是由于硫在作物体内是构成胱氨酸、蛋氨酸和蛋白质结构的重要元素,又是许多酶与辅酶的活性物质,直接参与含硫氨基酸合成及麦谷蛋白中二硫键的作用。与传统肥 1(尿素)相比,根控肥明显由于氮肥形态、施肥方法与施肥时期的整体组合改变了小麦碳水化合物的代谢途径,因而降低了小麦的株高,提高小麦分蘖成穗率、增加每穗的结实粒数,显著提高产量,改善了小麦的营养品质与加工品质,在农业生产上具有一定的开发与应用前景。

参 考 文 献:

[1] Andreas C. Long-term N fertilization for vegetables without leaching and nitrate problems[J]. TASPO—Gartenbaumagazin, 1997,6(1):64—66.

[2] 朱兆良.农田中氮肥的损失与对策[J].土壤与环境,2000,9(1):1—6.

[3] Rooster L de, Spiessens K, De Rooster L. Field cultivation CULTAN: a nitrogen fertilizer system for rows[J]. Proeftuinnieuws, 1998,8(6):25—28.

[4] Assay. Comparison of nitrophoska stabil and CULTAN with nitrophoska perfekt[J]. Proeftuinnieuws, 1998(a),8(5):20—23.

[5] Sommer K, Von Fischer D. Sugar Beet, Winter Wheat and Winter Barley with N-fertilization after the "CULTAN" Method [M]. 1993.75—78.

[6] Sommer K. "CULTAN" Cropping System: Fundamentals, State of Development and Perspectives[M]. 2000.361—375.

[7] Sommer K. CULTAN nutrition of plants growing in field and greenhouse conditions[J]. Proeftuinnieuws, 2000,10(5):20—23.

[8] Sommer K, Francois E, Pithan K, et al. Nitrogen Cycling and Leaching in Cool and Wet Regions of Europe[C]. Workshop held in Gembloux, 1992.22—23.

[9] Sommer K. Dahlia Greidinger International Symposium on Fertilization[M]. 1995.155—164.

[10] 蔡大同,张春兰,蒋廷惠.优质小麦氮肥分期施用的农业和生理效率[J].植物营养与肥料学报,1996, 2(2):104—109.

Effect of fertilizer controlled by root growth on winter wheat growth development and quality

WANG Jiao-ai[1], ZHANG Shu-xiang[2], PEI Xue-xia[1], ZHANG Ding-yi[1]

(1. *Institute of Wheat Research, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Linfen, Shanxi* 041000, *China*;
2. *Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, CAAS, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: According to the principle and recipe of CULTAN(Controlled uptake long term ammonium nutrition)presented by Professor Sommer, combined with local fertilizer resource and fertilizer application, the effect of fertilizers controlled by root growth and traditional fertilizers on wheat growth development and quality was studied in Linfen. The results showed that the treatments of fertilizer controlled by root growth with the mixture of ammonium sulfate, DCD and urea as fertilizer increase water absorption rate, stable time and valorimeter value of wheat dough and the content of available N in the soil profile, compared with the traditional fertilizer. Therefore, in high-gluten winter wheat planting regions, extending usage of CULTAN can achieve harmony between yield and quality.

Keywords: wheat; fertilizer controlled by root growth; yield; quality

中国知网　https://www.cnki.net