植物营养与肥料学报 2005,11(1):92-98
Plant Nutrition and Fertilizer Science

多效唑对旱地小麦一些生理、生育特性及产量的影响

吕双庆，李生秀*
(西北农林科技大学资源环境学院，陕西杨陵 712100)

摘要：采用田间试验研究了两种密度条件下不同时期和不同浓度多效唑以及多效唑+GA3对旱地小麦一些生育、生理特性及产量影响。结果表明，多效唑显著增加了小麦分蘖数，降低了株高和叶面积，降低程度随浓度提高和次数增加而更显著；GA3减轻了多效唑的抑制作用。多效唑对越冬期叶绿素含量无影响，但提高了拔节期的含量；抑制了越冬期硝酸还原酶活性，而对拔节期硝酸还原酶活性、铵、硝态氮含量及总量无效果。三叶期喷施多效唑，同时在拔节期喷施多效唑+GA3增加了收获穗数，减少穗粒数，保持和提高了粒重，增产5.8%。多效唑的效果因喷施时期和密度而不同，可能与水肥条件的差异有关。

关键词：多效唑；小麦；生育生理特性；密度；产量
中图分类号：S482.8；S512.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1008-505X(2005)01-0092-07

Effects of PP333 spraying on some physiological, morphological characteristics and yield of wheat on dryland with different plant density

LÜ Shuang-qing, LI Sheng-xiu*
(*College of Resour. and Envir. Sci., Northwest Sci-Tech Univ. of Agric. and For., Yangling, Shaanxi 712100, China*)

Abstract: A field experiment was conducted to study the effects of different concentration PP333, its spraying time and plant growing stages at which PP333 was sprayed, as well as a combination of PP333 and GA3 on some physiological, morphological characteristics and yields of dryland wheat. The experiment included two factors: plant density and spraying PP333. Two levels of the plant density were adopted: low density with sowing rate of 1670000 seeds, and high density with sowing rate of 3340000 seeds. The spraying of PP333 involved 5 treatments: 1) spraying water as control; 2) spraying PP333 at re-growth stage with low concentration (150 mg/kg); 3) spraying PP333 at re-growth stage with high concentration (300 mg/kg); 4) spraying PP333 at 3 leaf stage, re-growth stage and elongation stage with a concentration of 100 mg/kg; and 5) spraying PP333 at 3-leaf stage, re-growth stage and elongation stage with a concentration of 100 mg/kg and spraying CA3 (30mg/kg) at elongation stage together with PP333 by dissolving CA3 in the PP333 solution. Results show that application of PP333 significantly increased tiller numbers and reduced plant height and leaf area, the degree of reduction depending on concentrations and times: the higher the concentration and the more frequent the applications, the more reduction. In contrast, GA3 alleviated the effect of PP333 on the reduction. No difference was found in chlorophyll content at over-wintering stage for different treatments while the increase was observed at elongation stage by PP333 spraying. Although at elongation stage, no significant difference was found in NRA, NH_4^+-N and NO_3^--N content among different treatments, NRA was inhibited at over-wintering stage by PP333 spraying. Application of PP333 at the 3-

收稿日期：2003-11-17　　**修改稿收到日期**：2004-03-10
基金项目：国家自然科学基金重点项目(30230230)；国家自然科学基金农业倾斜项目(30070429)；国家重点基础研究发展规划项目(G1999011707)资助。
作者简介：吕双庆(1968—)，男，四川眉山人，在职研究生，主要从事土壤与植物营养研究。*通讯作者

leaf stage, followed by spraying PP333 and GA3 at elongation stage, although reducing grain number per ear, obviously increased the harvesting ear numbers and raised or retained the weight per 1000 grains, and thereby increased wheat yield by 5.8%. Application of PP333 alone showed no significant effect on crop yield. Different results obtained by spraying PP333 on wheat at different stages and with different plant densities might be related with water and nutrient supply of the soil.

Key words: PP333; wheat; growth and development; density; yield

通过植物生长调节剂进行化学调控已在农业生产实践中得到了较广泛应用,也在一些领域取得了良好效果。植物生长调节剂可以改变植物内部激素系统平衡,调控植物生理过程和外部农艺性状表达,是定向培育植物、满足人类需求的重要工具。许多研究表明,植物生长调节剂不仅影响植物生育进程[1],而且可以调节作物与环境的相互关系,增强作物抗逆性[2-4],利于高产稳产。棉花生产中应用植物生长延缓剂塑造紧凑株型,创造理想的群体结构,为高水肥、高密度栽培奠定了基础,达到了增产目的[5]。

多效唑(PP333)是植物生长调节剂的一种,属延缓剂类型,具有延缓植物生长,促进分蘖,增强抗性、延缓衰老等效应。由于生长调节剂的效果受喷施浓度、时期、作物品种及土壤水肥条件[6-8]等因素影响,多效唑在小麦上施用效果的报道并不一致[9-12]。小麦是我国旱地的主要作物,确定多效唑对旱地小麦上的效果及有效施用方式将对旱地农业起重要作用。多效唑增蘖、增穗的效果必然与密度有关。基于这一考虑,本研究在 2 种不同密度条件下进行试验。

1　材料与方法

试验在西北农林科技大学农业试验站进行。试验站位于黄土高原南部渭河三级阶地,土层深厚,地下水埋深大于 60m, 土壤为红油土(表 1)。试验区属半湿润易旱地区,年均降水量 632mm,主要集中在 7、8、9 月;年蒸发量 1400mm,冬春易旱。供试小麦品种为小偃 22 号,属矮杆抗倒伏类型。

试验设密度和多效唑喷施 2 个因素。密度分低密(播种量 167×10^4 粒/hm^2)和高密(播种量 334×10^4 粒/hm^2)2 个水平;多效唑喷施设: CK, 喷清水; B1,起身期喷低浓度(150mg/kg);B2,起身期喷高浓度(300mg/kg);B3,三叶期、起身期和拔节期 3 次喷施(100mg/kg); B4, 三叶、起身、拔节 3 次喷施(100mg/kg),拔节期加喷 GA3(30mg/kg,溶于多效唑溶液中)5 种方式。设 B4 处理的目的是为了防止多效唑控制太过,加赤霉素以缓其效应。用液量均为 600kg/hm^2。两因素各水平组成完全方案,共 10 个处理。试验区采用随机区组设计,重复 3 次。小区面积 10m^2。各小区均施 N 240kg/hm^2、P_2O_5 100 kg/hm^2, 全作基肥。小麦开沟定距点播,行距 20cm。穴距 3cm。田管措施同当地大田,整个生育期未灌水。

越冬、拔节期分别测定了叶片叶绿素、铵、硝态氮含量及硝酸还原酶(NR)活性。叶绿素含量采用 80%丙酮浸提比色;NR 活性采用内源法;铵、硝态氮用 30%三氯乙酸研磨,定容,过滤后,用连续流动分析仪测定。分期测定了分蘖、株高及叶面积。小麦成熟后,每小区收获 3.2 m^2,测产并考种。

表 1　试验土壤基本性质

Table 1　Basic properties of soil used for the experiment

土层 Soil layer (cm)	有机质 OM (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	有效磷 Avail. P (mg/kg)	NO_3^--N (mg/kg)	NH_4^+-N (mg/kg)	含水量 Soil water (%)
0—20	12.4	0.96	5.05	22.27	8.64	14.7
20—40	10.2	0.63	3.47	23.54	6.56	16.8
40—60	9.5	0.51	1.96	22.71	7.13	16.0
60—80	7.3	0.47	2.15	16.43	5.70	16.7.
80—100	6.6	0.38	1.02	18.08	3.88	15.2

注:土壤含水量为播前(2002 年 10 月 9 日)分层采样测定结果。

Note: Water content measured before wheat sowing (2002, Oct. 9) by taking different layers of soil.

2 结果分析

2.1 对叶绿素、硝酸还原酶活性和铵、硝态氮含量的影响

作为光合作用的基础，叶绿素含量高低影响光合作用的强弱，而叶绿素动态变化可显示叶片功能及衰老程度。这些都会直接影响作物产量。测定结果和显著性检验表明(表2)，多效唑对小麦叶绿素含量的效果因喷施时期、次数和浓度而不同。越冬期，低、高密度之间叶绿素含量虽有显著差异，但三叶期喷施一次，同一密度内多效唑与清水处理无显著区别（低密度时 $P = 0.331$；高密度 $P = 0.330$）。相反，拔节期测定表明，密度间叶绿素含量差异不显著，多效唑处理却显著提高了叶绿素含量。以2种密度的平均值表示，起身期喷施一次低浓度效果不明显，而喷施一次高浓度和三叶、起身、拔节期各喷施1次更低浓度，分别使叶绿素增加5.7%和8.3%，显著高于喷施清水（$P < 0.05$）。2种密度间的叶绿素含量虽无本质差别，但多效唑处理间仍有不同趋势：低密度仅较对照提高1.37%～4.48%，高密度2.76%～12.1%，后者显然高于前者。

前人研究表明，叶绿素a/b比值与光合速率呈现正相关，比值高易形成更多的光合单位，利于提高作物光合效率；比值低则光合单位大，天线色素含量高，在强光下易吸收过多的光能，引起光抑制，降低光合速率。本研究结果(表2)还显示，虽然拔节期叶绿素a/b比值明显高于越冬期，这2个时期内同一密度的多效唑处理都未显示对这一比值的影响。表明喷施多效唑同时提高了叶绿素a和叶绿素b的含量，使其比值保持未变。

表2 多效唑对冬小麦叶绿素含量和叶绿素a/b比值的影响

Table 2 Effect of PP333 on chlorophyll content and chlorophyll a:b ratio of wheat

处理 Treatment	总叶绿素 Total Chl. (mg/g,FW)			叶绿素a Chl. a (mg/g,FW)			叶绿素b Chl. b (mg/g,FW)			Chl.a/Chl.b	
	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H
越冬期 Over-wintering											
对照（清水）Spraying water	1.40	1.17	1.29c	0.605	0.508	0.557c	0.795	0.666	0.731c	0.76	0.76
三叶期喷施 Spraying at 3-leaf	1.44	1.29	1.36c	0.624	0.568	0.596c	0.812	0.721	0.766c	0.77	0.79
密度平均 Mean of density	1.42a	1.23b		0.615a	0.537b		0.803a	0.694b			
拔节期 Elongation											
对照（清水）Spraying water	1.67	1.60	1.63e	0.775	0.756	0.766e	0.900	0.839	0.869e	0.86	0.90
起身喷施低浓度多效唑 Spraying LC at re-growth	1.70	1.64	1.67de	0.800	0.774	0.787de	0.898	0.865	0.882de	0.89	0.89
起身喷施高浓度多效唑 Spraying HC at re-growth	1.71	1.75	1.73cd	0.796	0.818	0.807d	0.910	0.929	0.920cd	0.87	0.88
三叶、起身、拔节期均喷 Spraying at 3 stages	1.75	1.79	1.77c	0.825	0.848	0.837c	0.924	0.941	0.933c	0.89	0.90
密度平均 Mean of density	1.71a	1.69a		0.799a	0.799a		0.908a	0.894a			
多效唑平均 Mean of PP333 spraying				0.807	0.813		0.911	0.912			

注(Note)：LC—低浓度 Low concentration of PP333；HC—高浓度 High concentration of PP333；3 stages—包括三叶期、起身期和拔节期 Include 3-leaf, re-growth and elongation；L—低密度 Low density；H—高密度 High density；M—平均 Mean，下同 Same as follows.

方差分析后进行多重比较。方差分析可直接显示密度间的差异显著性(以a，b在同行中标记)；多重比较(t检验，越冬期；Duncan's test，拔节期)显示多效唑处理效果。不同密度间多效唑处理结果与2种密度平均数一致时，不再对各密度分别标记，否则以其他字母(除过a，b)标记之。同行或同列相同小写字母表示处理间差异不显著（$P > 0.05$）。其他表标记同，但只用Duncan法进行多重比较，下同。

Multiple comparison was made after variance analysis. Variance analysis directly shows the significance between plant densities (indicated by a, b in same line) while multiple comparisons (T-test for over-wintering stage and Duncan's test for elongation stage) show the significance among PP333 treatments. When significant level of multiple comparisons was the same as the average, no indication was given; otherwise, different letter (except a and b) followed the data. Same letter in same column shows no significance at a 0.05 level. The same indication is used for other tables, but Duncan's test was used only, Same as follows.

硝酸还原酶(NR)是植物体内硝态氮还原的限速酶，活性高低直接影响着植物对硝态氮的同化能力。表3看出，密度显著地影响着硝酸还原酶活性，多效唑对其影响则因喷施时期和密度而不同。越冬期，低密度的硝酸还原酶活性(NRA)比高密度提高38%，差异显著（$P < 0.05$）。就2种密度的平均值的方差分析结果来看，多效唑处理效果显著；但分别对低、高密度多效唑处理进行多重比较，低密度时多效唑处理无差异（$P = 0.799$），高密度时才显著降低硝酸还原酶活性（$P < 0.001$）。由于高密度与多效唑都能抑制硝酸还原酶活性，它们之间有显著的负交互作用，交互效应值 -11.3，即两者的相互作

用使硝酸还原酶的活性降低 NO_2^- 11.3 μg/(g·h)，FW。拔节期，低密度的 NRA 仍显著高于高密度，而多效唑处理在任何密度上均未表现出对 NRA 的影响。NRA 主要受作物氮素状况的影响。低密度时土壤供氮相对充足，NRA 较高；越冬期高密度供氮较少，而作物根系活性又不强，难以吸到充足氮素，结果 NRA 降低；拔节时温度升高，高密度小麦也得到了充足氮素，多效唑的影响随作物生理活动的改善而消失。

植物体内的铵、硝态氮含量显示着植物对氮素的吸收和利用情况。拔节期测定（表 3），低密度二者含量均显著高于高密度，而多效唑对其含量没有影响。从总体来看，NRA 与 NO_3^--N 含量呈极显著正相关（$r = 0.862$，$P < 0.01$），而与 NH_4^+-N 无此关系（$r = 0.649$，$P > 0.05$）。

表 3　多效唑对冬小麦 NRA，NH_4^+-N 和 NO_3^--N 含量的影响

Table 3　Effects of PP333 spraying on NRA，NH_4^+-N and NO_3^--N of wheat

喷施多效唑处理 PP333 Treatment	硝酸还原酶活性 Nitrate reductase (NRA) [NO_2^- μg/(g·h), FW]			NH_4^+-N 含量 Ammonium-N content (μg/g, FW)			NO_3^--N 含量 Nitrate-N content (μg/g, FW)		
	L	H	M	L	H	M	L	H	M
越冬期 Over-wintering									
对照（清水）Spraying water	37.6c	33.0c	35.3c						
三叶期喷 Spraying at 3-leaf	36.8c	20. 8d	28.8d						
密度平均 Mean of density	37.2a	26.9b							
拔节期 Elongation									
对照（清水）Spraying water	149	115	132c	28.4	23.3	25.9c	19.3	13.6	16.5c
起身喷施低浓度多效唑 Spraying LC at re-growth	147	97	122c	31.8	27.0	29.4c	20.5	14.3	17.4c
起身喷施高浓度多效唑 Spraying HC at re-growth	152	119	135c	28.6	26.9	27.7c	22.2	15.8	19.0c
三叶、起身、拔节期均喷 Spraying at 3 stages	147	114	130c	28.4	25.6	27.0c	21.3	17.6	19.4c
密度平均 Mean of density	149a	111b		29.3a	25.7b		20.8a	15.3b	

2.2　对分蘖、株高和叶面积的影响

多效唑能显著地促进作物分蘖，而后者又是小麦高产的重要条件。本试验结果表明，多效唑促进分蘖的作用因密度而不同。三叶期喷施多效唑，越冬、起身期小麦分蘖数都有增加（图 1），低密条件下更突出，分别比对照增加 11% 和 6.9%，高密度仅 3.1% 和 5.8%。增加的分蘖多是早期低位分蘖，有利于最终收获穗数的提高。由于低密度下多效唑促进分蘖效果显著，两者有显著的正交互作用（$P < 0.05$）。

植物生长延缓剂有延缓植物生长、从而有控制株高的功效。图 2 表明，多效唑在这方面效果非常明显。喷施多效唑的 4 个处理株高显著低于对照（$P < 0.05$），高密度平均降低 8.45%，低密度降低 7.26 %。随多效唑浓度和次数增加，株高降低更明显，起身期喷施低、高浓度及三叶、起身、拔节期均喷，株高分别降低 6.2%，9.1% 和 11.5%。GA3 能减缓多效唑抑制株高的作用，与多效唑混合喷施，株高仅降低 4.58%。

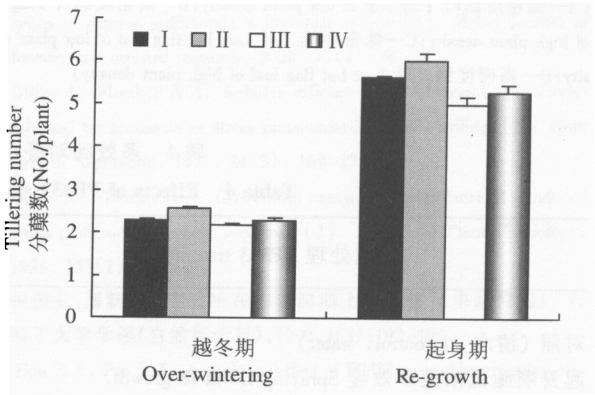

图 1　喷施 PP333 对冬小麦分蘖的影响

Fig.1　Effect of PP333 spraying on wheat tillers

（Ⅰ：低密度对照 Spraying water for low density；Ⅱ：低密度喷多效唑 Spraying PP333 for low density；Ⅲ：高密度对照 Spraying water for high density；Ⅳ 高密度喷多效唑 Spraying PP333 for high density）

在抑制株高同时，多效唑也抑制了叶面积，与对株高的影响趋势一致。灌浆期测定和方差分析显示（图 3），旗叶叶面积在密度间和多效唑处理间都有显著差异（$P < 0.05$）：低密度叶面积大于高密度；

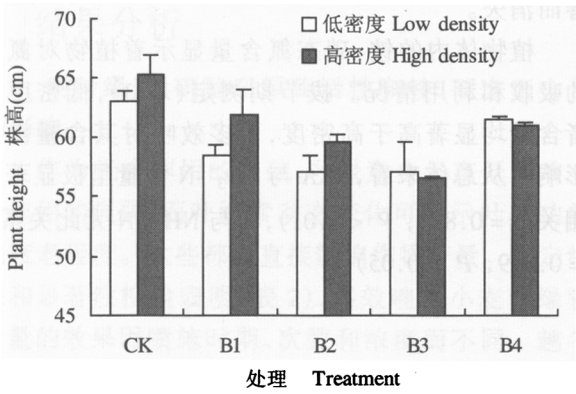

图2 喷施PP333对小麦株高的影响

Fig.2 Effect of PP333 spraying on plant height

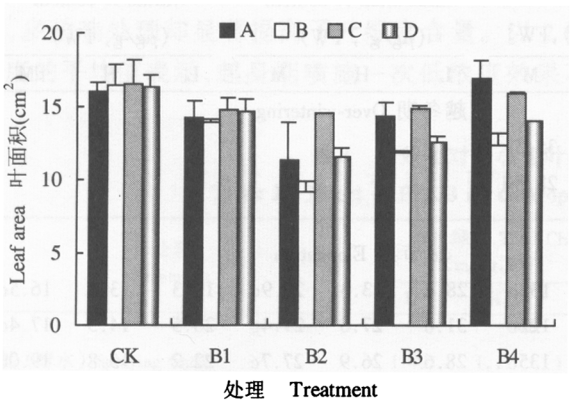

图3 喷施PP333对小麦叶面积的影响

Fig.3 Effect of PP333 spraying on leaf area

(A—低密度旗叶 Flag leaf of low plant density;B—高密度旗叶 Flag leaf of high plant density;C—低密度倒二叶 Last but flag leaf of low plant density;D—高密度倒二叶 Last but flag leaf of high plant density)

喷施多效唑的叶面积低于喷施清水。由于喷施多效唑,低密度叶面积平均降低11.2%,高密度降低27.6%。多效唑浓度增加和喷施次增加,叶面积减少更多;GA3能减弱多效唑对叶面积的抑制作用。

2.3 对产量及产量构成因素的影响

不同处理的籽粒产量有一定差异(表4),密度和多效唑对子粒产量都有显著影响($P<0.05$)。高密度比低密度增产16.5%;两种密度平均,多效唑+GA3处理比对照增产5.8%,也比其他处理增产,其他多效唑处理与对照无显著差异。

小麦产量决定于穗数、每穗粒数、千粒重,各处理间的产量差异与这些构成因素有关。表4看出,密度对粒重影响无显著差异,对穗数、穗粒数影响却显著不同。高密度穗数比低密度高出48.5%,穗粒数仅减少20.7%,增穗使高密度增产。

多效唑处理间的产量差异同样受产量构成因素影响。多重比较表明,三叶、起身、拔节期喷多效唑和多效唑+GA3,收获穗数显著高于其他处理;而其他处理间差异不显著。三叶期喷施多效唑提高了低位分蘖是收获穗数增加的主要原因。从2种密度来看,低密度穗数增加较多,两个有效果处理的平均值为11.9%,而高密度仅5.6%。三叶期喷施多效唑虽然增加了穗数,但却使穗粒数降低:两种密度的每穗粒数均显著低于对照,也低于起身期喷施低、高浓度的多效唑处理。与此相反,多效唑+GA3处理的粒重高于其它处理,在高密度下也与其他处理有显著差异。由此可见,多效唑+GA3处理所以增产不

表4 多效唑对冬小麦产量及产量构成因素的影响

Table 4 Effects of PP333 spraying on grain yield and yield components

喷施处理 PP333 treatment	密度 Plant density			密度 Plant density		
	L	H	M	L	H	M
	子粒产量 Grain yield (kg/hm²)			穗数 Spike number (10⁴/ hm²)		
对照(清水)(Control, water)	4971d	5844de	5408de	265	403	334d
起身喷施低浓度多效唑 Spraying LC at re-growth.	5032cd	5888de	5461de	269	407	338d
起身喷施高浓度多效唑 Spraying HC at re-growth	4893d	5729e	5312e	260	403	331d
三叶、起身、拔节期均喷 Spraying at 3 stages	5133cd	5937d	5535d	295	422	358c
三叶、起身、拔节均喷+GA3 Spraying at 3 stages +GA3	5320c	6124c	5722c	298	428	363c
密度平均 Plant density	5070b	5905a		278b	412a	
	每穗粒数 Grain per spike(No.)			千粒重 1000-grains wt.(g)		
对照(清水)(Control, water)	44.4	35.0	39.7c	42.1c	41.5cd	41.8cd
起身喷施低浓度多效唑 Spraying LC at re-growth.	45.0	35.7	40.3c	41.6c	40.6de	41.1de
起身喷施高浓度多效唑 Spraying HC at re-growth	45.1	35.8	40.5c	41.8c	39.7e	40.8e
三叶、起身、拔节均喷 Spraying at 3 stages	42.7	33.9	38.3d	40.7c	41.5cd	41.1de
三叶、起身、拔节均喷+GA3 Spraying at 3 stages +GA3	42.2	33.7	38.0d	42.2c	42.5c	42.3c
密度平均 Plant density	43.9a	34.8b		41.7a	41.2a	

仅在于这一处理增加了穗数，同时也在于保持和提高了粒重。

3 讨论

小麦产量由内因和多种外因所决定。内因主要是受遗传控制的生理特性，而外因包括光热、水分和其他土壤条件；其中，水分、养分供应更为重要。生长调节剂是通过调节和修饰内因来改变作物生育过程，调节和修饰程度必然受到外因影响。

与前人报道一样[3-4]，本研究中多效唑表现出明显的抑制植株生长和叶面积扩大的作用，而 GA3 对其抑制则有明显的减弱效果[13]。多效唑对株高抑制和对叶面积的减少改变了营养物质（包括光合产生的有机养分）运输路践，促进了分蘖增加。不论是对株高和叶面积的抑制还是对分蘖的促进均与外部条件有关。高密度时，株高、叶面积降低多，分蘖增加少；低密度条件下反之。在同一水肥供应条件下，低密度单株具有更大的营养面积，也就具有更好的水分养分供应条件，而高密度则非。营养物质和水分供应不同对促进作物生长的效果也会不同，多效唑的最终效果也会受到其影响而有不同表达，这方面前人已在氮素供应上得到了证明[8,14]。看来，两种密度群体之间水肥条件的差异可能是造成其效果不同的主要原因。

多效唑对植株体内的铵、硝态氮含量和硝酸还原酶活性无显著影响，而对叶绿素表现出了一定作用。由此推断，多效唑的主要作用可能在于修饰地上部分，而未影响根系发育，因而未能影响小麦对养分的吸收。本试验植株体内铵、硝态氮总量无差异，对此推断提供了证明。前人报道，多效唑提高叶绿素含量的作用并不是增加了叶绿素的总量，而是由于其对细胞伸长的抑制作用产生的“浓缩效应”[15]，但本研究中两个叶绿素含量显著增加的处理，单株叶片叶绿素总量平均较对照增加 15.9%，表明多效唑处理产生的叶绿素含量提高并不是“浓缩”的结果，而是由于促进了叶绿素合成而确实增加的结果。

多效唑对小麦的效果迄今无一致结果。有的报道说，多效唑增加了小麦单位面积穗数、穗粒数及粒重，有良好增产效果[16-17]；有的却表明，多效唑虽然增加了小麦穗数和穗粒数，却降低了粒重，产量并未显著增加[18]。这些不同结果与其施用条件如浓度、时期、作物品种和水肥条件等有关。本试验小麦播种时偏晚，分蘖不多，即使最多的穗数也未达到合适的密度要求。在这种条件下增穗成了增产的关键所在。三叶期喷施多效唑有利促进分蘖，尤其是冬前低位分蘖，从而提高收获穗数。喷施多效唑后，高密度穗数平均增加 $12\times10^4/hm^2$ 或 3%；而低密度增加 $15.5\times10^4/hm^2$ 或 5.8%，后者明显高于前者。由此可见，多效唑对低密度株高和叶面积抑制作用虽然较弱，但增蘖、增穗的效果更突出。由于穗数增加导致了穗粒数降低，产量并未比对照提高，低密度也不例外；相反，在拔节期喷施多效唑 + GA3，既增加了穗数，也保持和提高了粒重，产量构成因素比例协调，最后显著增产。穗粒数的多少可能与后期功能叶叶面积有关。本试验结果清楚地表明，单喷多效唑更多地降低了功能叶叶面积，而喷多效唑 + GA3 减小了这种作用，特别在低密度条件下。这可能是这一处理最终增产的主要原因。

旱地栽培条件下，水肥是产量的主要限制因素，高密度施用多效唑，若再给予适宜的水肥供应，是否能取得更好的产量效果，值得进一步研究。

参 考 文 献：

[1] 李 俏. 多效唑调节制种花期效果研究[J]. 杂交水稻，1998，13(1)：37-38.
Li Q. Effects of PP333 in adjusting heading time in hybrid rice seed production [J]. Hybrid Rice, 1998, 13(1): 37-38.

[2] 贾麦娥，苏雪痕，董 丽. 诱导植物抗寒基因得到充分表达的条件[J]. 河北林果研究，2002，17(1)：66-71.
Jia M E, Su X H, Dong L. Conditions of inducing the plants cold-proof genes to express sufficiently a literature review [J]. Hebei Journal of forestry and orchard research, 2002, 17(1): 66-71.

[3] Gilley A, Flecther R A. Relative efficacy of paclobutrazol, propiconazole and tetraconazole as stress protectants in wheat seedlings [J]. Plant Growth Regulation, 1997, 21(3): 169-175.

[4] Gilley A, Fletcher R A. Gibberellin antagonizes paclobutrazol - induced stress protection in wheat seedlings [J]. Journal of Plant Physiology, 1998, 153(1): 200-207.

[5] 侯振安，潘新彤. 多效唑在棉花滴灌上的应用效果研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版)，1999，3(3)：192-199.
Hou Z A, Pan X T. A study on effect of PP333 in trickle-irrigation cotton field [J]. Journal of Shihezi University (Natural Science), 1999, 3(3): 192-199.

[6] Rajala A, Peltonen-Sainio P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth [J]. Agron.J. 2001, 93: 936-943.

[7] Cooke D T, Hoad G V, Child R D. Some effects of plant growth regulators on root and shoot development and mineral nutrient-ion uptake in winter wheat [J]. Monograph, British Plant Growth Regulator Group, 1983, 10: 87-101.

[8] Beckett R P, Staden J van. The effect of thidiazuron on the yield of wheat grown with varying nutrient supply [J]. Plant Growth Regulation, 1992, 11(4): 343-348.

[9] Reicosky D A, Branham B E. Plant growth regulators in intensive cereal

management for Michigan [A]. Proceedings of the Plant Growth Regulation Society of America, Twelfth Annual Meeting [C]. Florida, USA: Lake Alfred, 1985. 17.

[10] 李渊博,周兴海. 春小麦大面积应用多效唑效果好 [J]. 现代化农业,1999(4): 6.

Li Y B, Zhou X H. The effect of PP333 application on spring wheat [J]. Modern Agriculture, 1999(4): 6.

[11] Buchenauer H, Kutzner B, Koths T. Effect of various triazole fungicides on growth of cereal seedlings and tomato plants as well as on gibberellin contents and lipid metabolism in barley seedlings [J]. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 1984, 91(5): 506-524.

[12] Devlin RM, Koszanski ZK. Effect of paclobutrazol and flurprimidol on the germination and growth of wheat and radish [A]. Proceedings of the Plant Growth Regulation Society of America, Twelfth Annual Meeting [C]. Florida, USA: Lake Alfred, 1985. 237-242.

[13] Guoping Z. Gibberellic acid modifies some growth and physiologic effects of paclobutrazol (PP333) [J]. Journal of Plant Growth Regulation, 1997, 16(1): 21-25.

[14] 张国平,陈锦新,蔡仁祥. 氮肥运筹和多效唑对小麦干物质和氮积累得影响[J]. 浙江农业大学学报,1998,24(2):174-178.

Zhang G P, Chen J X, Cai R X. The effect of N - applied methods and uniconazole on dry matter production and N accumulation in wheat [J]. Journal of Zhejiang Agricultural University, 1998, 24(2): 174-178.

[15] Khalil I A. Chlorophyll and carotenoid contents in cereals as affected by growth retardants of the triazole series [J]. Cereal Research Communications, 1995, 23(1/2): 183-189.

[16] Aufhammer W, Fedrolf K G. Effects of seed treatments with plant growth regulators on development and yield of winter hard wheat (Triticum durum)[J]. Bodenkultur, 1992, 43(2): 99-108.

[17] 李春喜,尚玉磊,姜丽娜,等. 不同植物生长调节剂对小麦衰老及产量构成的调节效应 [J]. 西北植物学报,2001,21(5):931-936.

Li C X, Shang Y L, Jiang L N *et al*. Regulation of plant growth regulator on leaves senescence and yield constitutions of wheat [J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin, 2001, 21(5): 931-936.

[18] 王纪华,赵春江,王北洪,等. 拔节后期施用植物生长调节剂对小麦倒伏及穗花发育的影响 [J]. 北京农业科学,2000,18(2):7-10.

Wang J H, Zhao C J, Wang B H *et al*. Effects of plant growth regulator application at the late stage of wheat jointing on lodging and floret development of wheat [J]. Beijing Agricultural Science, 2000, 18(2): 7-10.