

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MẬT ĐỘ CÂY VÀ LIỀU LƯỢNG BÓN ĐẠM ĐẾN SINH TRƯỞNG, NĂNG SUẤT VÀ HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA GIỐNG LÚA CẨM BLACK TẠI CÁC TỈNH PHÍA BẮC

Đoài Hồng Hạnh¹, Trần Văn Quang², Phạm Hùng Cường^{1,*}

¹ Trung tâm Tài nguyên thực vật

² Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Email: phamhungcuongvn@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của mật độ cây và liều lượng bón đạm đến sinh trưởng, năng suất và hiệu quả kinh tế của giống lúa cẩm Black tại 3 vùng sinh thái phía Bắc trong vụ mùa năm 2024. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu ô lớn - ô nhỏ (split-plot design) với 3 lần nhắc lại, gồm 3 mật độ cây (30, 40, 50 khóm/m²) và 4 mức bón đạm (60, 80, 100, 120 kg N/ha). Kết quả cho thấy, mật độ cây và lượng bón đạm ảnh hưởng rõ đến sinh trưởng, các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của giống lúa cẩm Black. Ở mật độ 40 khóm/m² kết hợp với 100 kg N/ha, năng suất đạt cao nhất là 6,38 - 6,44 tấn/ha tại tỉnh Nghệ An, 6,01 - 6,05 tấn/ha tại tỉnh Nam Định cũ và 5,62 - 5,65 tấn/ha tại tỉnh Hòa Bình cũ. Hiệu quả sử dụng đạm giảm dần khi tăng lượng bón, phản ánh quy luật hiệu quả biên giảm của phân đạm. Phân tích ổn định cho thấy, tổ hợp 40 khóm/m² kết hợp 100 kg N/ha có khả năng thích nghi rộng, ổn định và cho hiệu quả kinh tế cao. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học để xuất quy trình canh tác phù hợp cho giống lúa cẩm Black tại các tỉnh phía Bắc nước ta.

Từ khóa: Lúa cẩm Black, mật độ cây, năng suất, hiệu quả sử dụng đạm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lúa cẩm (*Oryza sativa* L.) là nhóm lúa có giá trị dinh dưỡng cao nhờ chứa hàm lượng lớn anthocyanin và các hợp chất chống oxy hóa có lợi cho sức khỏe. Trong những năm gần đây, lúa cẩm ngày càng được quan tâm trong định hướng phát triển lúa gạo chất lượng cao và gạo chức năng [1], [2]. Tuy nhiên, phần lớn các giống lúa cẩm hiện nay vẫn có năng suất chưa cao và biến động mạnh giữa các vùng sinh thái. Bên cạnh đó, các biện pháp kỹ thuật canh tác, đặc biệt là mật độ cây và chế độ bón phân đạm chưa được xác định phù hợp cho từng điều kiện sinh thái khác nhau [3, 4].

Mật độ cây và lượng phân đạm là những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến cấu trúc quần thể, sinh trưởng và hình thành năng suất của cây lúa. Mật độ hợp lý giúp tối ưu hóa khả năng tiếp nhận ánh sáng, dinh dưỡng và nâng cao hiệu quả sử dụng đất, trong khi bón đạm phù hợp thúc đẩy đẻ nhánh, hình thành bông và nâng cao hiệu quả sử dụng đạm (NUE). Ngược

lại, mật độ cây quá cao hoặc bón thừa đạm có thể làm gia tăng cạnh tranh nội bộ, tăng tỷ lệ lép và nguy cơ sâu, bệnh [5 - 7].

Sự tương tác giữa mật độ cây và liều lượng bón đạm có vai trò quan trọng trong điều chỉnh cấu trúc quần thể thông qua mối quan hệ bù trừ giữa số bông/m² và số hạt/bông, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất cuối cùng [8, 9]. Tuy nhiên, đối với giống lúa cẩm Black, các nghiên cứu về biện pháp kỹ thuật canh tác trong điều kiện sinh thái khác nhau vẫn còn hạn chế, đặc biệt là các nghiên cứu đánh giá đồng thời mối quan hệ giữa yếu tố cấu thành năng suất, hiệu quả sử dụng đạm và hiệu quả kinh tế.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của mật độ cây và liều lượng bón đạm đến sinh trưởng, năng suất, hiệu quả sử dụng đạm và hiệu quả kinh tế của giống lúa cẩm Black tại các tỉnh phía Bắc. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học để xác định tổ hợp kỹ thuật canh tác phù hợp, góp phần hoàn thiện quy trình sản xuất theo hướng nâng cao năng suất, tối ưu hóa hiệu quả đầu vào và phát triển bền vững.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Giống lúa cẩm Black được sử dụng trong nghiên cứu có nguồn gốc nhập nội, được lưu giữ tại Ngân hàng gen cây trồng Quốc gia. Giống có thời gian sinh trưởng vụ mùa 110 ngày, dạng hình thấp cây, sinh trưởng khỏe và có hàm lượng anthocyanin cao (~210 mg/100 g).

2.2. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Thí nghiệm được thực hiện trong vụ mùa năm 2024 tại 3 vùng sinh thái đại diện gồm: Tỉnh Nghệ An, Nam Định cũ, nay là tỉnh Ninh Bình và Hòa Bình cũ, nay là tỉnh Phú Thọ. Các điểm nghiên cứu có sự khác biệt rõ về điều kiện đất đai và dinh dưỡng: Đất ở tỉnh Nam Định cũ có thành phần cơ giới nặng và dung tích hấp thu cao (CEC = 19,40 ldl/100 g); đất ở tỉnh Hòa Bình cũ có hàm lượng hữu cơ và lân dễ tiêu khá cao (OC = 2,67%; P_2O_5 = 44,48 mg/100 g); trong khi đất ở tỉnh Nghệ An có phản ứng chua (pHKCl = 3,79), CEC thấp (6,00 ldl/100 g) và hàm lượng dinh dưỡng thấp hơn. Sự khác biệt này là cơ sở để đánh giá phản ứng của giống lúa cẩm Black trong các điều kiện sinh thái khác nhau.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Thời vụ gieo mạ ngày 6/6 và cấy ngày 25/6. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu ô lớn - ô nhỏ (split-plot) với 3 lần nhắc lại; trong đó phân đạm (N kg/ha) là nhân tố ô lớn gồm 4 mức bón: 60 (P1), 80 (P2), 100 (P3), 120 kg N/ha (P4) và mật độ cấy (khóm/m²) là ô nhỏ gồm 3 mật độ cấy: 30 (M1), 40 (M2), 50 (M3) khóm/m². Nền phân được điều chỉnh theo đất: 90 kg P_2O_5 + 90 kg K_2O /ha tại tỉnh Nghệ An và Nam Định cũ; 80 kg P_2O_5 + 90 kg K_2O /ha tại tỉnh Hòa Bình cũ. Diện tích ô nhỏ 10 m², ô lớn 30 m²; các công thức bố trí ngẫu nhiên, có dải bảo vệ.

Các chỉ tiêu sinh trưởng theo dõi theo giai đoạn chính; chỉ tiêu nông sinh học (chiều cao, đẻ nhánh) ghi nhận định kỳ trên 10 khóm/ô theo đường chéo; sâu, bệnh đánh giá theo IRRI (2013) [10]. Yếu tố cấu thành năng suất xác định theo QCVN 01-55:2011/BNNT [11]; năng suất lý thuyết tính từ các thành phần cấu thành, năng suất thực thu đo trên toàn ô (13% độ ẩm). Hiệu quả sử dụng đạm đánh giá qua PFP (Y/N); tính ổn định phân tích theo mô hình của Eberhart và Russell (1966) [12].

2.4. Xử lý số liệu

Số liệu xử lý bằng phần mềm IRRISTAT 10.0 và Excel 365; ANOVA theo mô hình split-plot, so sánh trung bình bằng LSD ($P < 0,05$), kèm CV (%).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của mật độ cấy và liều lượng bón đạm đến một số chỉ tiêu sinh trưởng của giống lúa cẩm Black

Thời gian sinh trưởng của giống lúa cẩm Black khác biệt rõ giữa các vùng sinh thái (Bảng 1), ngắn nhất tại tỉnh Nghệ An (106 - 108 ngày), trung bình tại tỉnh Nam Định cũ (110 - 112 ngày) và dài nhất tại tỉnh Hòa Bình cũ (115 - 117 ngày). Sự khác biệt này chủ yếu liên quan đến điều kiện nhiệt độ, bức xạ và đặc điểm sinh thái của từng vùng. Theo Yoshida (1981) [13]; Peng và cs (2021) [8], nhiệt độ và chế độ dinh dưỡng là các yếu tố ảnh hưởng mạnh đến tốc độ sinh trưởng và phát dục của cây lúa. Mức phân bón, đặc biệt là đạm, làm kéo dài nhẹ thời gian sinh trưởng từ 1 - 2 ngày khi tăng từ P1 - P4 do kéo dài giai đoạn sinh dưỡng. Tuy nhiên, ảnh hưởng của mật độ cấy đến thời gian sinh trưởng không rõ rệt và sai khác không có ý nghĩa thống kê. Nhìn chung, giống lúa cẩm Black có thời gian sinh trưởng tương đối ổn định, thuộc nhóm ngắn ngày và phù hợp với cơ cấu thời vụ tại các tỉnh phía Bắc.

Chiều cao cây tăng dần từ P1 - P3 ở cả 3 vùng sinh thái, phản ánh vai trò của đạm trong thúc đẩy sinh trưởng sinh dưỡng và tích lũy sinh khối. Theo Fageria và cs (2011) [14]; Huang và cs (2022) [9], bón đạm hợp lý làm tăng chiều cao cây và diện tích lá thông qua tăng cường phân chia và kéo dài tế bào. Ở mức P3, chiều cao cây đạt 98,1 - 98,3 cm tại tỉnh Nghệ An, 96,5 - 97,0 cm tại tỉnh Nam Định cũ và 94,5 - 95,5 cm tại tỉnh Hòa Bình cũ. Khi tăng lên P4, chiều cao chỉ tăng nhẹ hoặc gần như ổn định, cho thấy cây bắt đầu đạt ngưỡng bão hòa dinh dưỡng. Sai khác giữa các mức phân bón phần lớn vượt $LSD_{0,05}$, chứng tỏ ảnh hưởng của đạm có ý nghĩa thống kê. Trong khi đó, mật độ cấy ảnh hưởng không lớn đến chiều cao cây, mặc dù ở mật độ cao cây có xu hướng vươn dài nhẹ do cạnh tranh ánh sáng trong quần thể.

Số nhánh/khóm có xu hướng giảm khi tăng mật độ cấy từ M1 lên M3 do tăng cạnh tranh về

ánh sáng, dinh dưỡng và không gian sinh trưởng giữa các cây lúa trong quần thể [13], [8]. Ngược lại, số nhánh tăng rõ khi tăng lượng đạm từ P1 - P3, phản ánh vai trò của đạm trong kích thích đẻ nhánh hữu hiệu và hình thành quần thể. Công thức P3M1 cho số nhánh cao nhất với 9,9 nhánh/khóm tại tỉnh Nghệ An, 9,3 nhánh/khóm tại tỉnh Nam Định cũ và 8,6 nhánh/khóm tại tỉnh Hòa Bình cũ. Khi tăng lên P4, số nhánh

tăng không đáng kể, cho thấy hiệu quả bổ sung đạm giảm dần ở mức cao. Khả năng đẻ nhánh của giống lúa cẩm Black có sự khác biệt giữa các vùng sinh thái, trong đó cao nhất tại tỉnh Nghệ An, tiếp đến là tỉnh Nam Định cũ và thấp nhất tại tỉnh Hòa Bình cũ. Sự sai khác này có thể liên quan đến điều kiện nhiệt độ, dinh dưỡng đất và khả năng thích nghi của giống tại từng vùng sinh thái.

Bảng 1. Ảnh hưởng của mật độ cấy và mức phân bón đến một số chỉ tiêu sinh trưởng

Phân bón	Mật độ	Chiều cao cây (cm)			Số nhánh/khóm (nhánh)			Thời gian sinh trưởng (ngày)		
		Tỉnh Nghệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ	Tỉnh Nghệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ	Tỉnh Nghệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ
P1	M1	92,9	91,8	90,5	9,1	8,7	8,0	106	110	115
	M2	93,5	92,5	91,0	8,9	8,5	7,8	106	110	115
	M3	94,2	93,0	91,8	8,3	8,2	7,5	106	110	115
P2	M1	94,6	93,5	92,0	9,3	8,9	8,2	107	111	116
	M2	95,4	94,2	93,0	9,1	8,7	8,0	107	111	116
	M3	96,8	95,5	94,0	8,8	8,5	7,8	107	111	116
P3	M1	98,1	96,5	94,5	9,9	9,3	8,6	108	112	117
	M2	97,9	96,8	95,0	9,8	9,1	8,4	108	112	117
	M3	98,3	97,0	95,5	9,3	8,8	8,1	108	112	117
P4	M1	97,3	96,0	94,0	9,8	9,2	8,5	108	112	117
	M2	98,0	97,0	95,2	9,6	9,0	8,3	108	112	117
	M3	98,2	97,2	95,3	9,3	8,8	8,1	108	112	117
CV(%)		2,1	2,0	1,9	4,8	4,5	4,9	0,8	0,7	0,7
LSD _{0,05} PB		1,8	1,7	1,6	0,42	0,39	0,36	0,8	0,7	0,7
LSD _{0,05} MĐ		2,4	2,2	2,1	0,55	0,51	0,48	-	-	-
LSD _{0,05} MĐ×PB		3,2	3,0	2,8	0,74	0,69	0,64	-	-	-

Ghi chú: PB: Phân bón; MĐ: Mật độ.

3.2. Ảnh hưởng của mật độ cấy và liều lượng bón đạm đến sâu, bệnh hại giống lúa cẩm Black

Mật độ cấy và liều lượng bón đạm ảnh hưởng rõ đến mức độ phát sinh sâu, bệnh trên giống lúa cẩm Black (Bảng 2). Nhìn chung, mức độ nhiễm dao động từ nhẹ đến trung bình nhưng khác biệt giữa các vùng và công thức. Khi tăng mật độ và lượng đạm, đặc biệt ở M3 kết hợp P3 - P4, sâu,

bệnh có xu hướng gia tăng. Tỉnh Nghệ An có mức độ nhiễm sâu bệnh thấp nhất. Tại tỉnh Nam Định cũ, rầy nâu và bệnh khô vằn xuất hiện ở mức cao hơn, đặc biệt dưới điều kiện thâm canh; trong khi tỉnh Hòa Bình cũ chủ yếu xuất hiện bệnh khô vằn. Kết quả cho thấy, bón thừa đạm và mật độ cao làm tăng nguy cơ dịch hại, do đó cần tối ưu mật độ và cân đối dinh dưỡng nhằm hạn chế sâu, bệnh và ổn định năng suất.

Bảng 2. Mức độ nhiễm một số sâu, bệnh chính theo mật độ và phân bón (điểm)

Vùng	Công thức điển hình	Sâu cuốn lá	Sâu đục thân	Rầy nâu	Khô vằn
Tỉnh Nghệ An	M1P1	1	1	1	1
	M3P3 - P4	1 - 3	1	3	3
Tỉnh Nam Định cũ	M1P1	1	1	3	3
	M3P3 - P4	3	1	5	5
Tỉnh Hòa Bình cũ	M1P1	1	1	1	3
	M3P3 - P4	3	1	3	5

3.3. Ảnh hưởng của mật độ cây và mức phân bón đến các yếu tố cấu thành năng suất

Các yếu tố cấu thành năng suất chịu ảnh hưởng đồng thời của mật độ cây và mức phân bón, qua đó quyết định năng suất thực thu của giống lúa cẩm Black [8, 9].

Số bông/m² tăng rõ khi tăng mật độ cây từ M1 lên M2 ở cả 3 vùng sinh thái, với mức tăng vượt LSD_{0,05}, cho thấy ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê. Tại tỉnh Nghệ An, số bông tăng từ 222 bông/m² ở công thức P1M1 lên 304 bông/m² ở P4M2; tại tỉnh Nam Định cũ tăng từ 230 lên 315

bông/m²; tại tỉnh Hòa Bình cũ tăng từ 210 lên 295 bông/m². Tuy nhiên, sai khác giữa M2 và M3 trong cùng mức phân bón phần lớn nhỏ hơn LSD_{0,05}, cho thấy tăng mật độ từ 40 lên 50 khóm/m² không làm tăng đáng kể số bông hữu hiệu. Ở các mức phân bón, số bông tăng từ P1 - P3 và ổn định ở P4, phản ánh hiệu quả của đạm trong thúc đẩy đẻ nhánh và hình thành quần thể, nhưng hiệu quả tăng thêm không rõ ở mức đạm cao. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Peng và cs (2021) [8], cho rằng mật độ và lượng đạm thích hợp giúp tối ưu cấu trúc quần thể và số đánh hữu hiệu.

Bảng 3. Ảnh hưởng của mật độ cây và mức phân bón đến các yếu tố cấu thành năng suất

Phân bón	Mật độ	Số bông/m ²			Số hạt chắc/bông			Tỷ lệ lép (%)		
		Tỉnh Nghệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ	Tỉnh Nghệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ	Ngệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ
P1	M1	222	230	210	122,9	125	120,5	13,8	11	13,5
	M2	260	270	250	121,8	124,2	119	11,5	10,2	12,5
	M3	265	275	255	120,2	122,5	117,5	14,1	11,8	14,5
P2	M1	234	240	220	124,6	127	122	11,9	10	12
	M2	280	290	270	123,8	126,2	121	12,2	10,5	12,8
	M3	290	300	280	122,2	124	119,5	12	11	13,5
P3	M1	237	245	225	129,9	132,5	125,5	6,5	5,5	8,0
	M2	300	310	290	129,3	131,8	124	8,2	7	9,5
	M3	300	310	290	125,7	128,5	121,5	10,3	9	11,5
P4	M1	243	250	230	129,1	131	124	10,5	9	11,5
	M2	304	315	295	128,5	130,2	123	8,9	8	10,5
	M3	300	310	290	127,1	128,8	121,8	11,6	10	12,8
CV(%)		5,2	5,5	5,9	4,8	5,0	5,4	6,1	6,4	6,8
LSD _{0,05} PB		11,8	12,6	13,4	4,8	5,2	5,6	1,12	1,05	1,18
LSD _{0,05} MĐ		15,6	16,8	17,9	6,2	6,8	7,3	1,46	1,38	1,55
LSD _{0,05} MĐ×PB		27,4	29,8	31,5	10,9	11,7	12,5	2,55	2,42	2,70

Ghi chú: PB: Phân bón; MĐ: Mật độ.

Số hạt chắc/bông giảm nhẹ khi tăng mật độ cây từ M1 lên M3 do cạnh tranh ánh sáng và dinh dưỡng trong quần thể, tuy nhiên phần lớn sai khác nhỏ hơn LSD_{0,05} MĐ (6,2 - 7,3 hạt/bông), cho thấy ảnh hưởng của mật độ không có ý nghĩa thống kê. Ngược lại, số hạt chắc tăng rõ khi tăng lượng đạm từ P1 - P3. Tại tỉnh Nam Định cũ, số hạt chắc đạt cao nhất ở công thức P3M1 với 132,5 hạt/bông, cao hơn rõ so với các công thức P1 và P2. Sai khác giữa P3 và P4 không vượt LSD_{0,05}, cho thấy tăng thêm lượng đạm không cải thiện đáng kể khả năng kết hạt. Hệ số biến động

thấp (CV = 4,8 - 5,4%) phản ánh tính ổn định tương đối cao của chỉ tiêu này.

Tỷ lệ lép giảm rõ từ P1 - P3 và đạt thấp nhất ở các công thức P3, chỉ còn 6,5% tại tỉnh Nghệ An, 5,5% tại tỉnh Nam Định cũ và 8,0% tại tỉnh Hòa Bình cũ ở công thức P3M1. Mức giảm giữa P3 với P1 và P2 đều vượt LSD_{0,05}, cho thấy ảnh hưởng rõ của phân bón đến khả năng tích lũy và hình thành hạt chắc. Khi tăng lên P4, tỷ lệ lép có xu hướng tăng trở lại; tại tỉnh Nghệ An tăng từ 6,5% ở P3M1 lên 10,5% ở P4M1, phản ánh hiện tượng bón thừa đạm làm giảm hiệu quả vận

chuyển chất đồng hóa vào hạt. Mật độ cây cao (M3) cũng làm tăng nhẹ tỷ lệ lép do gia tăng cạnh tranh trong quần thể. Trong các vùng sinh thái, tỉnh Nam Định cũ có tỷ lệ lép thấp nhất, trong khi tỉnh Hòa Bình cũ cao nhất.

Khối lượng 1.000 hạt của giống lúa cẩm Black dao động trong khoảng hẹp, từ 23,1 - 23,2 g tại cả 3 vùng sinh thái (Bảng 4). Hệ số biến động thấp ($CV = 1,2 - 1,4\%$) cho thấy tính trạng này có độ ổn định cao và ít biến động giữa các công thức thí nghiệm. Giá trị khối lượng 1.000 hạt giữa các mức mật độ cây và phân bón gần như tương đương nhau; tại tỉnh Nghệ An và Nam

Định cũ chủ yếu đạt 23,2 g ở hầu hết các công thức, trong khi tại tỉnh Hòa Bình cũ dao động từ 23,1 - 23,2 g. Kết quả cho thấy, mật độ cây và mức bón đạm hầu như không ảnh hưởng đến khối lượng hạt. Xu hướng này phù hợp với nhận định của Zhang và cs (2020) [6]; Peng và cs (2021) [8], cho rằng khối lượng hạt là tính trạng chịu chi phối chủ yếu bởi đặc điểm di truyền và ít chịu tác động của điều kiện ngoại cảnh hoặc biện pháp kỹ thuật canh tác. Do đó, biến động năng suất của giống lúa cẩm Black chủ yếu liên quan đến các yếu tố số lượng như số bông/m² và số hạt chắc/bông hơn là khối lượng hạt.

Bảng 4. Ảnh hưởng của mật độ cây và mức phân bón đến khối lượng 1.000 hạt (g)

Phân bón	Mật độ	Khối lượng 1.000 hạt (g)		
		Tỉnh Nghệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ
P1	M1	23,2	23,2	23,2
	M2	23,2	23,2	23,1
	M3	23,1	23,1	23,1
P2	M1	23,2	23,2	23,2
	M2	23,2	23,2	23,1
	M3	23,1	23,2	23,1
P3	M1	23,2	23,2	23,2
	M2	23,2	23,2	23,2
	M3	23,2	23,2	23,1
P4	M1	23,2	23,2	23,1
	M2	23,2	23,2	23,2
	M3	23,2	23,2	23,1
CV(%)		1,2	1,3	1,4

3.4. Ảnh hưởng của mật độ cây và mức phân bón đến năng suất của giống lúa cẩm Black

Kết quả ở bảng 5 cho thấy, năng suất chịu ảnh hưởng có ý nghĩa của mật độ cây, mức phân bón và tương tác mật độ × phân bón ($P < 0,05$),

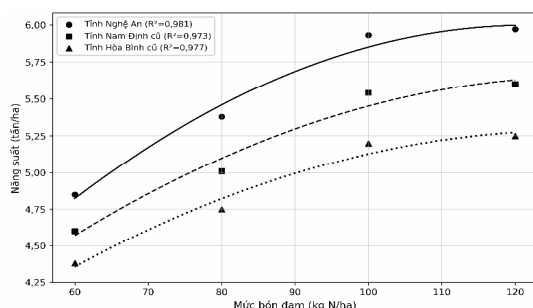
với nhiều sai khác vượt $LSD_{0,05}$. Ở cả 3 vùng sinh thái, năng suất tăng rõ từ M1 lên M2 nhưng ít cải thiện ở M3, cho thấy mật độ 40 khóm/m² là tối ưu. Mật độ cao làm tăng cạnh tranh nội bộ, hạn chế tích lũy vật chất và hiệu quả kết hạt.

Bảng 5. Ảnh hưởng của mật độ cây và mức phân bón đến năng suất thực thu (tấn/ha)

Công thức		Vùng thí nghiệm		
Phân bón	Mật độ	Tỉnh Nghệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ
P1	M1	4,43 ^d	4,21 ^d	4,02 ^d
	M2	5,04 ^d	4,78 ^{cd}	4,53 ^{cd}
	M3	5,09 ^{bcd}	4,82 ^{cd}	4,58 ^{cd}
P2	M1	4,73 ^{cd}	4,49 ^{cd}	4,28 ^{cd}
	M2	5,62 ^{abc}	5,23 ^{bc}	4,96 ^{bc}
	M3	5,75 ^{ab}	5,31 ^{bc}	5,02 ^{bc}
P3	M1	4,99 ^{bcd}	4,68 ^{cd}	4,45 ^{cd}
	M2	6,43 ^a	6,01 ^{ab}	5,62 ^{ab}
	M3	6,38 ^a	5,94 ^{ab}	5,54 ^{ab}
P4	M1	5,09 ^{bcd}	4,75 ^{cd}	4,51 ^{cd}
	M2	6,44 ^a	6,05 ^a	5,65 ^a

Công thức		Vùng thí nghiệm		
Phân bón	Mật độ	Tỉnh Nghệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ
	M3	6,38 ^a	5,98 ^{ab}	5,58 ^{ab}
CV(%)		5,4	5,8	6,3
LSD _{0,05} PB		0,32	0,35	0,38
LSD _{0,05} MĐ		0,44	0,48	0,52
LSD _{0,05} MĐ×PB		0,94	1,02	1,10

Ghi chú: PB: Phân bón; MĐ: Mật độ.



Hình 1. Quan hệ giữa năng suất và mức bón đạm của giống lúa cẩm Black tại các tỉnh phía Bắc

Năng suất tăng theo mức đạm từ P1 - P3 và đạt cực đại ở P3 - P4. Tuy nhiên, sai khác giữa P3 và P4 không vượt LSD_{0,05} (ví dụ: Tỉnh Nghệ An 6,43 - 6,44 tấn/ha; tỉnh Nam Định cũ 6,01 - 6,05 tấn/ha), chứng tỏ tăng lên 120 kg N/ha không mang lại lợi ích tương ứng. Điều này phản ánh quy luật hiệu quả biên giảm của đạm. Tại tỉnh Nghệ An đạt năng suất cao nhất là 6,44 tấn/ha, trong khi tỉnh Nam Định cũ là 6,05 tấn/ha và tỉnh Hoà Bình cũ là 5,65 tấn/ha.

Bảng 6. Tham số ổn định của giống lúa cẩm Black ở các công thức (môi trường tổng hợp)

Công thức	Tỉnh Nghệ An	Tỉnh Nam Định cũ	Tỉnh Hoà Bình cũ	Trung bình (tấn/ha)	bi	SE (bi)	p-value (bi=1)	S ² di	R ²	Đánh giá
M1P1	4,43	4,21	4,02	4,22	0,79	0,11	0,18	Thấp	0,91	Thích nghi kém
M1P2	4,73	4,49	4,28	4,50	0,86	0,10	0,26	Thấp	0,93	Thích nghi thấp
M1P3	4,99	4,68	4,45	4,71	0,93	0,09	0,45	Thấp	0,95	Trung bình
M2P1	5,04	4,78	4,53	4,78	0,96	0,08	0,68	Thấp	0,96	Ổn định
M2P2	5,62	5,23	4,96	5,27	0,99	0,08	0,89	Thấp	0,97	Ổn định
M2P3	6,43	6,01	5,62	6,02	1,01	0,07	0,92	Rất thấp	0,98	Ổn định cao, thích nghi rộng
M2P4	6,44	6,05	5,65	6,05	1,06	0,08	0,51	Thấp	0,97	Năng suất cao
M3P1	5,09	4,82	4,58	4,83	1,02	0,09	0,78	Trung bình	0,95	Thích nghi khá
M3P2	5,75	5,31	5,02	5,36	1,06	0,09	0,60	Trung bình	0,96	Nhạy nhẹ
M3P3	6,38	5,94	5,54	5,95	1,13	0,10	0,34	Cao	0,95	Nhạy môi trường
M3P4	6,38	5,98	5,58	5,98	1,16	0,11	0,29	Cao	0,94	Thích nghi hẹp

Phân tích hồi quy (Hình 1) cho thấy quan hệ năng suất - đạm có dạng bậc hai, với cực đại khoảng 100 - 110 kg N/ha. Trong phạm vi thí nghiệm, mức 100 kg N/ha là tối ưu thực tiễn.

Nhìn chung, tổ hợp M2P3 cho năng suất cao và ổn định nhất, phù hợp với quy luật cân bằng mật độ - dinh dưỡng [6], [9].

3.5. Tính ổn định và thích nghi của giống cẩm Black với các mức mật độ và phân bón

Phân tích ổn định theo mô hình của Eberhart và Russell (1966) [12] cho thấy, có sự khác biệt rõ về khả năng thích nghi và tính ổn định giữa các công thức thí nghiệm (Bảng 6).

Công thức M2P3 có hệ số hồi quy gần 1 (bi = 1,01), sai lệch hồi quy rất nhỏ và hệ số xác định cao (R² = 0,98), thể hiện tính thích nghi rộng và ổn định cao trong các điều kiện môi trường. Các công thức M2P1 - M2P2 cũng có bi xấp xỉ 1 và sai lệch thấp, cho thấy tính ổn định tương đối, nhưng năng suất chưa tối ưu.

Ngược lại, các công thức thâm canh cao (M3P3 - P4) có $bi > 1$ (1,13 - 1,16), phản ánh khả năng phản ứng mạnh trong điều kiện thuận lợi nhưng kém ổn định khi điều kiện bất lợi. Các công thức mức thấp (M1P1 - P2) có $bi < 1$, thể hiện khả năng phản ứng yếu và năng suất thấp.

Kết quả phù hợp với nguyên lý của mô hình, trong đó $bi \approx 1$ và sai lệch nhỏ biểu thị thích nghi rộng, còn bi lệch khỏi 1 cho thấy tính chuyên hóa theo môi trường. Nhìn chung, tổ hợp M2P3 vừa đạt năng suất cao vừa đảm bảo ổn định và thích nghi rộng, là phương án tối ưu cho sản xuất.

3.6. Hiệu quả kinh tế của các mức phân bón và mật độ cấy

Bảng 7. Hiệu quả kinh tế của các công thức diễn hình (tính cho 1 ha)

Vùng	Công thức	Tổng chi (triệu đồng/ha)	Tổng thu (triệu đồng/ha)	Lãi thuần (triệu đồng/ha)
Tỉnh Nghệ An	P3M2	40,00	96,48	56,47
	P4M2	40,53	96,53	55,99
Tỉnh Nam Định cũ	P3M2	40,01	90,75	50,74
	P4M2	40,53	89,25	48,72
Tỉnh Hòa Bình cũ	P3M2	39,61	84,75	45,14
	P4M2	40,13	83,25	43,12

Hiệu quả kinh tế phản ánh tính khả thi của các biện pháp kỹ thuật trong sản xuất (Bảng 7). Ở cả 3 vùng sinh thái, tổ hợp mật độ trung bình (M2) kết hợp mức đạm P3 cho lợi nhuận cao nhất, đạt 56,47 triệu đồng/ha tại tỉnh Nghệ An, 50,74 triệu đồng/ha tại tỉnh Nam Định cũ và 45,14 triệu đồng/ha tại tỉnh Hòa Bình cũ. Mặc dù năng suất giữa P3M2 và P4M2 không sai khác có ý nghĩa thống kê, lợi nhuận của P3M2 vẫn cao hơn 0,48 - 2,02 triệu đồng/ha nhờ chi phí đầu vào thấp hơn.

Công thức M2P3 thể hiện hiệu quả kinh tế cao, ổn định và có khả năng áp dụng rộng, là cơ sở đề xuất quy trình canh tác lúa cấy theo hướng hiệu quả và bền vững.

3.7. Hiệu quả sử dụng đạm

Chỉ số PFP giảm dần khi tăng mức bón đạm ở cả 3 vùng sinh thái, phản ánh quy luật suy giảm hiệu quả biên (Bảng 8). Mức 80 kg N/ha (P2) cho PFP cao nhất, trong khi 120 kg N/ha (P4) làm PFP giảm mạnh dù năng suất tăng không đáng kể. Mức 100 kg N/ha (P3) đạt năng suất tối đa và duy trì PFP ở ngưỡng hợp lý. Như vậy, tại tỉnh Nghệ An, PFP giảm từ 80,8 xuống 49,8 kg thóc/kg N

khi tăng đạm từ P1 lên P4. Kết quả khẳng định, bón đạm vượt ngưỡng tối ưu làm giảm hiệu quả sử dụng dinh dưỡng, và P3 là mức phù hợp cho sản xuất bền vững.

Bảng 8. Năng suất và hiệu quả sử dụng đạm (PFP, kg thóc/kg N) theo mức bón đạm

Vùng	Mức N (kg/ha)	Năng suất trung bình (tấn/ha)	PFP (kg/kg N)
Tỉnh Nghệ An	60 (P1)	4,85	80,8
	80 (P2)	5,37	67,1
	100 (P3)	5,93	59,3
	120 (P4)	5,97	49,8
Tỉnh Nam Định cũ	60 (P1)	4,60	76,7
	80 (P2)	5,01	62,6
	100 (P3)	5,54	55,4
	120 (P4)	5,59	46,6
Tỉnh Hòa Bình cũ	60 (P1)	4,38	73,0
	80 (P2)	4,75	59,4
	100 (P3)	5,20	52,0
	120 (P4)	5,25	43,8

4. KẾT LUẬN

Mật độ cấy và mức phân bón có ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) đến sinh trưởng, các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của giống lúa cấy Black tại các vùng sinh thái khác nhau.

Mật độ cấy 40 khóm/m² tạo cấu trúc quần thể tối ưu, đảm bảo cân bằng giữa số bông/m² và số hạt chắc/bông. Mức bón 100 kg N/ha cho hiệu quả cao nhất, với năng suất đạt 6,43 - 6,44 tấn/ha tại tỉnh Nghệ An, 6,01 - 6,05 tấn/ha tại tỉnh Nam Định cũ và 5,62 - 5,65 tấn/ha tại tỉnh Hòa Bình cũ. Tổ hợp mật độ 40 khóm/m² kết hợp 100 kg N/ha cho năng suất cao, hiệu quả sử dụng đạm hợp lý, hiệu quả kinh tế tốt và tính ổn định cao tại các vùng sinh thái nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J. & Beta, T. (2014). Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels. *Journal of Cereal Science*, 59(2): 211 - 218.
- [2]. Zhu, F. (2024). Pigmented rice: Nutritional composition, health benefits and processing technologies. *Food Chemistry*, 430, 137145.
- [3]. Lương Thị Kim Loan, Phạm Hùng Cường, Đới Hồng Hạnh, Vũ Thị Thu Hiền và Nguyễn Hữu Thọ (2022). Đánh giá sinh trưởng, năng suất và chất

lượng một số mẫu giống lúa màu tại Đà Bắc, Hòa Bình. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên*, 227(10): 252 - 258.

[4]. Nguyễn Thị Hoa, Phạm Hùng Cường, Trần Văn Quang và Hoàng Thị Nga (2022). Kết quả đánh giá một số dòng/giống lúa gạo màu tại tỉnh Nam Định. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 3, 16 - 23.

[5]. Tăng Thị Hạnh, Nguyễn Thị Hiền, Đoàn Công Diễm, Đỗ Thị Hương, Vũ Hồng Quảng và Phạm Văn Cường (2014). Đặc tính quang hợp, tích lũy chất khô và năng suất của dòng lúa ngắn ngày DCG66 dưới ảnh hưởng của mật độ cấy và mức đạm. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 12(2): 146 - 158.

[6]. Zhang, X., Davidson, E. A., Mauzerall, D. L., Searchinger, T. D., Dumas, P. & Shen, Y. (2020). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528, 51 - 59.

[7]. Xu, X., He, P., Pampolino, M. F., Johnston, A. M., Qiu, S., Zhao, S. & Zhou, W. (2021). Fertilizer management for rice in China: Current status and future directions. *Field Crops Research*, 260, 107769.

[8]. Peng, S., Tang, Q. & Zou, Y. (2021). Current status and challenges of rice production in China. *Plant Production Science*, 24(1): 1 - 12.

[9]. Huang, M., Zou, Y., Jiang, P., Xia, B., Feng, Y., Cheng, Z. & Mo, Y. (2022). Effect of planting density and nitrogen rate on grain yield and nitrogen use efficiency in rice. *Agronomy Journal*, 114(3): 1450 - 1462.

[10]. International Rice Research Institute (IRRI) (2013). Standard evaluation system for Rice (SES). IRRI, Los Baños, Philippines.

[11]. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 01-55:2011 về khảo nghiệm giá trị canh tác và sử dụng của giống lúa.

[12]. Eberhart, S. A. & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1): 36 - 40.

[13]. Yoshida, S. (1981). Fundamentals of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

[14]. Fageria, N. K., Baligar, V. C. & Jones, C. A. (2011). Growth and mineral nutrition of field crops. 3rd Edition. CRC Press, Boca Raton.

EFFECTS OF TRANSPLANTING DENSITY AND NITROGEN RATE ON GROWTH, GRAIN YIELD AND ECONOMIC RETURN OF THE BLACK RICE CULTIVAR ‘BLACK’ IN NORTHERN VIETNAM

Doi Hong Hanh¹, Tran Van Quang², Pham Hung Cuong¹

¹ Plant Resources Center, Vietnam Academy of Agricultural Sciences

² Vietnam National University of Agriculture

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of transplanting density and nitrogen rate on growth, yield and economic return of the black rice cultivar ‘Black’ across three ecological regions of Northern Vietnam during the 2024 Summer - Autumn cropping season. The experiment was arranged in a split-plot design with three replications, including three transplanting densities (30, 40, 50 hills m⁻²) and four nitrogen application rates (60, 80, 100, 120 kg N ha⁻¹). The results showed that transplanting density and nitrogen rate significantly affected growth, yield components, grain yield and nitrogen use efficiency of the cultivar. The combination of 40 hills m⁻² and 100 kg N ha⁻¹ produced the highest grain yield, ranging from 6.38 to 6.44 t ha⁻¹ in Nghe An province, 6.01 to 6.05 t ha⁻¹ in former Nam Dinh province and 5.62 to 5.65 t ha⁻¹ in former Hoa Binh province. Nitrogen use efficiency decreased with increasing nitrogen rate, indicating diminishing marginal returns of nitrogen fertilizer application. Stability analysis revealed that the combination of 40 hills m⁻² and 100 kg N ha⁻¹ exhibited wide adaptability, high stability and superior economic return across ecological regions. These findings provide a scientific basis for optimizing cultivation practices of the black rice cultivar ‘Black’ in Northern Vietnam.

Keywords: Black rice, planting density, yield, nitrogen use efficiency.

Ngày nhận bài: 4/3/2026

Ngày chuyển phản biện: 11/3/2026

Ngày thông qua phản biện: 6/4/2026

Ngày duyệt đăng: 7/5/2026