

Т. И. Иващенко,
старший научный сотрудник
О. Н. Зеленина,
кандидат сельскохозяйственных наук

ГНУ Пензенский НИИСХ

ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА И ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЙОНИРОВАННЫХ СОРТОВ ОДНОДОМНОЙ КОНОПЛИ И СОДЕРЖАНИЕ КАННАБИНОИДОВ

УДК 631.5:633.522

Введение. Конопля посевная (*Cannabis sativa*) – культура многостороннего использования. В начале прошлого века в России семена конопли являлись фактически основным источником пищевого растительного масла [1]. Жмых, получаемый при изготовлении масла из семян, – высококонцентрированный корм для сельскохозяйственных животных. Он содержит до 10 % жира и до 30 % белка [2]. Позднее конопляное масло было вытеснено из рациона более дешевым подсолнечным. В XXI веке интерес к конопляному маслу вырос, благодаря его жирнокислотному составу, включающему полиненасыщенные гамма-линоленовую и стеаринонориковую кислоты. Введение конопляного масла в виде пищевой добавки восстанавливает синтез эйкозаноидов. Кроме того, прямая добавка в пищу γ -линоленовой кислоты облегчает состояние больных псориазом и атипической экземой [3].

Интерес к конопляному маслу как к продукту коноплеводства обусловил необходимость разработки новых агротехнических приемов возделывания, повышающих урожайность семян.

Конопля в Пензенской области выращивается на двухстороннее использование. Культура чрезвычайно требовательна к условиям возделывания. При урожае волокна 1 т/га конопля выносит из почвы по 160 кг азота и калия и 35 кг фосфора [4]. Получение высоких урожаев возможно лишь при достаточной обеспеченности растений питательными элементами.

Недостаток любого из основных элементов питания снижает урожайность культуры. Особенно сильно на продуктивность конопли влияет азот. Применение только азотного удобрения увеличивает урожай, но уменьшает их размеры и крепость волокна. Применение только фосфорного минерального удобрения, усиливая крепость волокна, сокращает его накопление в стеблях, снижает урожай семян, их белковость и масличность. Применение азотных и фосфорных удобрений без калийных сокращает прирост сухого вещества, а значит, снижает урожай семян и волокна. Применение полной комбинации NPK обеспечивает повы-

шение урожайности семян на 41-61 % и соломки на 23-26 % по сравнению с неудобренными посевами. Наиболее эффективными дозами минеральных удобрений под коноплю на выщелоченном чернозёме Курской области являются $N_{120}P_{90}K_{90}$. Увеличение доз полного минерального удобрения до $N_{180}P_{180}K_{180}$ повышает урожай стеблей, семян, общего и длинного волокна, но снижает его выход и качество [5].

Внесение высоких доз минеральных удобрений ($N_{120}P_{120}K_{120}$) не оказывает влияния на густоту растений, но увеличивает продолжительность фаз бутонизации и цветения на 4-6 дней [6]. В условиях Пензенской области установлено, что на полевых и пойменных участках на семеноводческих широко-рядных посевах сортов конопли, районированных в конце 60-х годов, оптимальной нормой высева является 0,9 млн. шт., при двухстороннем способе использования – 2,5-3,0 млн. всхожих семян [7, 8]. С 70-х годов прошлого века, помимо урожайности и качества коноплепродукции, при возделывании культуры большое внимание уделяется содержанию в растениях тетрагидроканнабинола (ТГК). В соответствии с пунктом 8 приказа Госагропрома СССР от 2 сентября 1987 г. № 677 «О дополнительных мерах по усилению борьбы с наркоманией в 1987-1990 годах» запрещено принимать на испытания, испытывать и возделывать сорта конопли с содержанием активных каннабиноидов более 0,1 %. Эта норма распространяется и на содержание ТГК в промышленных сортах конопли.

ТГК относится к классу органических веществ фенольной природы – каннабиноидов. Основными каннабиноидами конопли посевной являются каннабидиол (КБД), ТГК и каннабинол (КБН). КБД и КБН галлюциногенной активностью не обладают, однако считаются биогенными предшественниками ТГК [9]. Данные о влиянии минеральных удобрений на содержание каннабиноидов малочисленны и противоречивы. По мнению одних исследователей, содержание азота в вегетативных частях растения имеет положительную корреляцию с содержанием ТГК [10]. По мнению других, возделывание расте-

ний при минимальной концентрации в почве азота, фосфора и калия, ведущее к заметному отставанию в росте и развитии, не изменяет содержания ТГК [12]. Имеются данные, что увеличение доз вносимого азота ведет к снижению содержания ТГК [13]. Влияние норм высева на содержание ТГК ранее не изучалось.

В зоне среднерусского коноплеводства в последние годы в производство внедряются новые сорта однодомной конопли Диана, Ингрета и Антонио. Из-за отсутствия сортовой агротехники их потенциал, как по урожайности семян и стеблей, так и по качеству коноплепродукции реализуется не полностью. Это связано с недостаточной изученностью их биологических требований к условиям возделывания.

С целью установления норм высева семян и доз внесения минеральных удобрений, обеспечивающих максимальный урожай семян и допустимое содержание каннабиноидов при выращивании новых селекционных сортов конопли (Диана, Ингрета и Антонио) на семеноводческие цели и двухстороннее использование, в 2002-2004 гг. провели исследование на опытном поле Пензенского НИИСХ. Почва опытного участка – чернозем, выщелоченный тяжёлоуглинистый и глинистый, средне- и высокообеспеченный элементами питания. Предшественник – чистый пар. Посев проводился сеялкой СН-16 в оптимальные сроки.

Опыт проведен методом расщепленных делянок, способ посева широкорядный, ширина междурядий 45 см, повторность четырехкратная. На делянках первого порядка изучали сорта Диана, Ингрета, Антонио (репродукция суперэлита); на делянках второго уровня – дозы удобрений ($N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{120}P_{90}K_{90}$, $N_{180}P_{135}K_{135}$); на делянках третьего уровня – нормы высева семян (0,3; 0,9; 1,5; 2,1 млн. штук всхожих семян на гектар). Площадь делянок составляла 400; 100 и 25 м² соответственно. Размещение делянок систематическое.

Фенологические наблюдения и морфологический анализ растений выполнялись по методике Института лубяных культур [14]. Уход за посевами заключался в проведении 3-х междурядных обработок. Уборку проводили вручную по мере созревания каждого сорта при созревании 75 % семян. В полевых учетах определяли полевую всхожесть, густоту всходов, сохранность растений к уборке [15].

Учет урожая проводили поделяночно, экспериментальные данные обрабатывали по методике, изложенной Б. А. Доспеховым [16].

Количественные и качественные параметры урожая стеблей и семян определяли согласно ГОСТ 12042-80, 1991). Содержание волокна в стебле определяли по методике ВНИИЛК. Оценку качества соломки проводили в соответствии с требованием ГОСТа 11008-64.

Сбор метелок и подготовку проб для анализа каннабиноидов проводили согласно «Методическим указаниям по оценке содержания тетраканнабинола в растениях конопли методом тонкослойной хроматографии» [17]. Идентификация и определение количественного содержания каннабиноидов выполнены методом газожидкостной хроматографии согласно методическим рекомендациям «Определение вида наркотических веществ, получаемых из конопли и мака» [18]. Разделение каннабиноидов проводили на хроматографе «Кристалл 2000 М». Идентификацию пиков проводили по времени удерживания. Количественную обработку хроматограмм проводили по площадям пиков с применением компьютерной программы «Хроматэк Аналитик 1,21». Количество аналитических проб – 2. Расчет количественного содержания ТГК, КБД и КБН проводили методом внутреннего стандарта. В качестве внутреннего стандарта использовали 0,5%-ный раствор метилстеарата в этаноле.

Результаты и обсуждение. Годы проведения исследований различались по метеоусловиям, что позволило более полно выявить влияние агроприемов на урожайность и качество продукции изучаемых сортов конопли. Количество выпавших осадков за вегетационный период составило в 2002 г. 131 мм, в 2003 г. – 383 мм, в 2004 г. – 314 мм. Сумма активных температур в 2002 г. составила 2054 °С, в 2003 г. – 2112 °С, в 2004 г. – 2548 °С. По гидротермическому коэффициенту Селянинова 2002 г. относится к засушливым (ГТК-0,64), 2003 г. – к избыточно влажным (ГТК-1,81), 2004 г. – к достаточно увлажненным (ГТК-1,23).

До фазы бутонизации не наблюдалось существенной разницы в росте и развитии растений, высеянных на различно удобренных фонах. Третья пара листьев у всех сортов появилась почти одновременно. Бутонизация и цветение у всех изучаемых сортов на фонах $N_{120}P_{90}K_{90}$ и $N_{180}P_{135}K_{135}$ наступили позднее, чем на фоне без удобрений. Продолжительность вегетационного периода растений на фонах $N_{120}P_{90}K_{90}$ и $N_{180}P_{135}K_{135}$, в сравнении с вариантом без удобрений, была больше у сортов Диана и Антонио на 4-6 дней, у сорта Ингрета на 3-4 дня относительно контроля. Таким образом, внесение высоких доз удобрений способствовало удлинению вегетационного периода конопли на 3-6 дней.

Урожайность конопли зависела от густоты стеблестоя растений, сохранившихся к уборке, которая, в свою очередь, зависела от нормы высева и условий минерального питания растений. Количество выпавших растений увеличивалось с повышением норм высева семян. Это связано с возрастанием конкуренции растений за среду обитания. При минимальной норме высева семян (0,3 млн. шт./га) густота стеблестоя составляла 15-16 шт./м², а его сохранность – 100 %. Повышение нормы высева до

0,9 млн. шт./га увеличило густоту стеблестоя до 56-60 шт./м², при этом выпадение растений увеличилось до 3,0-8,5 %.

Норма высева семян 1,5 млн. шт./га обеспечила густоту стеблестоя 95-105 шт./м². Выпадение растений к уборке составило 9-15 %. При норме высева 2,1 млн. шт./га отмечены максимальные по опыту густота стеблестоя (134-142 шт./м²) и выпадение растений (14,2-17,8 %). Повышение норм высева с 0,9 до 2,1 млн. штук всхожих семян на гектар снижало сохранность растений. Увеличение дозы минеральных удобрений с N₆₀P₄₅K₄₅ до N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅ повышало сохранность растений. Наилучшая сохранность растений отмечена при норме высева 2,1 млн. всхожих семян на 1 га и внесении N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅. Исследования выявили общие закономерности в формировании урожая семян, соломки и волокна в зависимости от норм высева и уровня питания (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние норм высева и доз минеральных удобрений на урожайность конопли (2002-2004 гг.)

Вариант удобрения	Норма высева семян млн. шт./га	Урожайность, ц/га								
		Диана			Ингрета			Антонио		
		со-лом-ка	во-лок-но	се-ме-на	со-лом-ка	во-лок-но	се-ме-на	со-лом-ка	во-лок-но	се-ме-на
N ₀ P ₀ K ₀	0,3	39,8	9,0	5,2	40,1	9,0	5,4	46,3	10,3	5,3
	0,9	41,8	10,2	6,3	43,3	10,5	6,3	50,7	12,2	6,0
	1,5	45,9	11,4	6,3	47,3	11,7	6,0	55,1	13,1	6,0
	2,1	50,6	13,3	4,7	50,8	13,6	4,8	57,9	14,4	5,1
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,3	55,4	14,4	7,0	56,9	13,9	6,2	61,3	14,9	6,7
	0,9	57,8	15,1	8,8	59,2	15,5	8,5	66,9	16,9	8,9
	1,5	62,6	16,6	7,3	63,6	16,7	7,0	71,0	18,4	7,4
	2,1	66,4	18,2	6,2	69,5	19,3	6,2	74,0	20,8	6,5
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0,3	59,5	15,4	8,3	62,8	17,1	7,4	65,3	17,5	7,7
	0,9	62,6	16,6	10,4	64,3	17,6	9,2	71,8	19,5	10,1
	1,5	66,9	18,4	9,1	68,3	19,1	8,7	75,2	20,7	8,7
	2,1	69,7	20,5	7,3	72,4	20,8	7,4	77,5	22,1	7,5
N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	0,3	64,6	16,7	9,4	66,6	18,1	8,0	71,0	19,4	9,6
	0,9	67,8	18,8	11,3	68,3	18,4	10,4	76,3	20,7	11,5
	1,5	72,1	20,7	10,1	73,3	20,7	9,7	80,9	22,1	10,2
	2,1	77,9	21,3	8,2	74,8	22,8	8,5	86,4	23,6	9,2

НСР₀₅ ц/га: по сололке – 1,7; по волокну – 1,0; по семенам – 0,6

На всех сортах наибольший урожай семян и соломки получен при внесении дозы N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅. Самый высокий урожай соломки у всех изучаемых сортов получен при норме высева 2,1 млн. шт. на фоне N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅. У сортов Антонио и Диана он составил 86,4 и 77,9 ц/га соответственно, у сорта Ингрета 74,8 ц/га.

Наибольшая урожайность семян получена при норме высева 0,9 млн. штук всхожих семян на гектар и фону N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅. У сорта Антонио – 11,5 ц/га, у сорта Диана – 11,3 ц/га, у сорта Ингрета – 10,4 ц/га.

У растений изучаемых сортов повышалась крепость волокна с увеличением доз удобрений с

N₆₀P₄₅K₄₅ до N₁₂₀P₉₀K₉₀ (табл. 2). Применение повышенной дозы минеральных удобрений N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅ привело к снижению выхода и прочности длинного волокна. Наибольшее содержание длинного волокна хорошего качества получено при дозе минерального питания N₁₂₀P₉₀K₉₀. У сортов Диана и Антонио оно составило 16,0-16,9 %, при крепости – 24,0-25,0 кгс соответственно.

Таким образом, наиболее высокие урожаи ценного длинного волокна, с высокой прочностью обеспечивает минеральное удобрение в дозе N₁₂₀P₉₀K₉₀. Увеличение дозы до N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅ повышает урожай соломки, семян, общего волокна, но снижает выход и качество длинного волокна.

Анализ содержания каннабиноидов показал, что содержание ТГК во всех изученных сортах, независимо от норм высева и доз минеральных удобрений, не превышало законодательно допустимый уровень и изменялось от 0,037 % у сорта Диана до 0,071 % у сорта Антонио. У сортов Ингрета и Антонио различия между вариантами по содержанию каннабиноидов были статистически недостоверными. У сорта Диана отмечено снижение содержания КБД и ТГК при увеличении норм высева и доз минеральных удобрений (табл. 3).

При этом четко просматривается тенденция к снижению содержания КБН. Различие содержания КБН в растениях контрольного варианта и вариантов с дозами удобрений N₁₂₀P₉₀K₉₀ и N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅ статистически достоверно.

Снижение содержания каннабиноидов в варианте с удобрениями можно объяснить тем, что с одной стороны, в присутствии удобрений индуцируются ростовые процессы и связанный с ними биосинтез каннабиноидов, а с другой,

усиливается катаболизм каннабиноидов.

Увеличение нормы высева с 0,9 до 2,1 млн. всхожих семян на гектар привело к увеличению густоты посевов, что в свою очередь снизило освещенность растений. Вероятно, этим объясняется существенное снижение содержания каннабиноидов в посевах двухстороннего использования по сравнению с семеноводческими посевами. Аналогичные результаты получены венгерскими учеными при изучении влияния азотного питания на содержание ТГК. В их опыте в удобренных вариантах содержание ТГК отрицательно коррелировало с вегетативной массой растений [17].

Таким образом, для формирования высокой про-

дуктивности сортов однодомной конопли Диана,

нии на двухстороннее использование норму высева

Таблица 2 – Показатели качества тресты сортов конопли в зависимости от норм высева и доз минеральных удобрений (2002-2004 гг.)

Сорт	Норма высева млн. шт/га	Содержание волокна, %								Прочность волокна, кгс			
		общего				длинного				N ₀ P ₀ K ₀	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
		N ₀ P ₀ K ₀	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₀ P ₀ K ₀	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅				
Диана	0,3	22,6	26,0	26,0	25,9	10,3	11,5	14,8	13,5	23,4	23,3	23,8	22,2
	0,9	24,4	26,1	26,4	27,7	11,7	13,0	15,3	13,0	23,2	23,3	23,2	22,1
	1,5	24,8	26,5	28,0	28,7	12,6	13,6	15,4	14,8	23,8	23,4	23,9	23,0
	2,1	26,3	27,4	28,7	28,5	13,6	14,4	16,0	14,3	24,0	24,0	23,9	22,8
Ингреда	0,3	24,4	24,4	27,2	27,2	10,5	11,4	13,8	12,5	23,8	23,6	23,7	22,6
	0,9	24,2	26,2	27,4	26,9	12,2	12,2	15,7	12,9	24,0	23,8	23,8	23,8
	1,5	24,5	26,3	28,0	28,2	11,2	13,2	15,7	13,0	22,9	20,9	22,3	20,5
	2,1	26,3	27,8	27,5	27,3	12,7	13,5	15,6	13,7	23,9	23,3	23,9	22,4
Антонио	0,3	22,2	23,2	26,8	27,3	9,9	10,8	14,5	13,2	23,2	24,0	24,0	23,3
	0,9	24,0	25,2	27,2	27,1	11,8	12,1	14,6	12,7	23,8	23,5	23,6	23,5
	1,5	23,4	25,9	29,4	29,3	12,7	13,2	16,9	13,6	24,3	23,1	22,7	22,4
	2,1	24,8	28,0	28,5	27,3	12,6	13,6	16,1	13,6	24,8	25,0	24,9	23,9

НСР₀₅ ц/га: общего волокна – 0,7; длинного волокна – 0,7; прочность волокна – 2,41

Таблица 3 – Содержание каннабиноидов в соцветиях конопли сорта Диана при различных дозах минеральных удобрений и нормах высева

Фактор А (доза удобрений)	Фактор Б (норма высева, млн/га)		Средние по фактору А
	0,9	2,1	
КБД			
Контроль	1,326	1,272	1,299 а
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,254	1,130	1,217 б
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1,012	0,987	1,000 с
N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	0,925	0,887	0,905 d
Средние по фактору Б	1,129 а	1,069 б	
НСР для сравнения частных средних			
ТГК			
Контроль	0,045	0,042	0,044 а
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,043	0,040	0,042 б
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0,041	0,040	0,040 с
N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	0,039	0,037	0,038 d
Средние по фактору Б	0,042 а	0,040 б	
НСР для сравнения частных средних	0,002		
КБН			
Контроль	0,048	0,047	0,047 а
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,047	0,045	0,046 а
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0,043	0,042	0,042 б
N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	0,043	0,040	0,041 б
Средние по фактору Б	0,045 а	0,043 а	
НСР для сравнения частных средних	0,003		

Примечание: Средние, сопровождаемые одинаковыми буквами, различаются незначительно по критерию Дункана

Ингреда и Антонио возделываемых на семена, рекомендуемая норма высева составляет 0,9 млн. шт./га при внесении N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅. При возделыва-

нием следует увеличить до 2,1 млн. шт./га, а дозу удобрений снизить до N₁₂₀P₉₀K₉₀. Рекомендуемые нормы высева и дозы минеральных удобрений позволяют получать высокие и качественные урожаи семян, соломки и волокна новых сортов. При этих дозах удобрения и нормах высева содержание ТГК в 2,3-2,6 раза ниже допустимого уровня.

Литература

1. Шкателов В. Маслоройное производство // Полная энциклопедия русского сельского хозяйства и соприкасающихся с ним наук. – СПб., 1901. – Том V. – С. 511-532
2. Прянишников Д. Н. Частное земледелие (растения полевой культуры) // Избранные сочинения. – М.: Колос, 1965. – Том II. – С. 708.
3. Тихомиров В. Т., Барашкин В. А. Способ получения, состав, физиологическое действие конопляного масла // Сельскохозяйственная биология (серия Биология растений). – 2002. – № 1. – С. 32-37.
4. Давидян Г. Г. Возделывание льна-долгунца и конопли. – Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1979. – С. 126-131.
5. Загородняя К. П. Сборник трудов «Биология возделывания и первичная обработка конопли и кенафа». – Глухов, 1976. – Вып. 39. – С. 125-131.
6. Алмазов М. Н., Мальшева Л. И. Повышение урожая и качества волокна от внесения минеральных удобрений // Труды Пензенской областной опытной станции. – Пенза, 1973. – С. 127-130.
7. Сустрин В. Э. Передовые приемы агротехники конопли // Труды Пензенской областной опытной станции. – Пенза, 1971. – 44 с.
8. Демкин А. П., Петров А. А. Нормы высева семян и урожай однодомной конопли в Пензенской области // Биология возделывания и первичная обработка конопли и кенафа. – Глухов, 1977. – Вып. 40.
9. Лазурьевский Г. В., Николаева А. А. Каннабиноиды. – Кишинев: Штиинца, 1972. – 67 с.
10. Haney A. and Kutscheid B.V. Quantitative variation in the chemical constituents of marijuana from stands of naturalized Cannabis sativa L. in east-central Illinois // Economic Botany. – 1973. v. 27. – P. 193-203.
11. Smoll E., Beckstead H.D. Common cannabinoid

phenotypes in 350 stocks of Cannabis L. 1973. V. 2. – № 36. – P. 144-165.

12. *Coffman C. B., Gentner W. A.* Responses of greenhouse-grown Cannabis Sativa L to nitrogen, phosphorus and potassium // *Agronomy J.* – 1977. 69. – P.832-836.

13. *Сенченко Г. И., Тимонин М. А.* Конопля. – М.: Колос, 1978. – 288 с.

14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. III, технические культуры. – 1964. – 144 с.

15. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 335 с.

16. *Зеленина О. Н., Бородин Г. И., Смирнов А. А., Кабунин А. А.* Методические указания по оценке содержания тетрагидроканнабинола в растениях конопли методом тонкослойной хроматографии. – М.: РАСХН, 2004. – 12 с.

17. Определение вида наркотических веществ, получаемых из конопли и мака // Методические рекомендации / Под ред. Э. А. Бабаяна. – М.: ЭКЦ МВД РФ, 1995. – С. 9-13.

18. *Vocsa L., Mothe P., Hanguel L.* Effect of nitrogen on tetra hydrocannabinol (THC) content in hemp (Cannabis Sativa L) leaves at different position // *J. Int. Hemp Ass.* – 1997. – V. 4. – № 2. – P. 80-81.