

УДК 631.83:633.11“321”:631.582.1:631.5

ДЕЙСТВИЕ УДОБРЕНИЙ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ БЕССМЕННОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОСЛЕ СТЕРНИ

© 2022 г. О. В. Вольнкина

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН
641325 с. Садовое, Кетовский р-н, Курганская обл., ул. Ленина, 9, Россия

E-mail: volynkina.o@bk.ru

Поступила в редакцию 26.10.2021 г.

После доработки 12.12.2021 г.

Принята к публикации 15.02.2022 г.

Соответствие норме 3-го класса комплекса показателей технологических свойств яровой мягкой пшеницы является стимулом полноценной переработки зерна. Проведены наблюдения за качеством пшеницы в течение 20 лет в полевом стационарном эксперименте с новой технологией возделывания пшеницы – ее бессменным выращиванием после стерни. Эта технология в последние годы распространилась в земледелии Курганской обл. Показатели качества зерна, муки, теста и хлеба существенно изменялись как по годам, так и от удобрений. Сильнее на свойства пшеницы влияли погодные условия. Несколько меньшей была изменчивость показателей качества в связи с применением удобрений. Более высокие показатели белковости зерна и свойств теста и хлеба были характерны для засушливых лет. Фон с азотно-фосфорным удобрением в дозах N40–60P25 способствовал увеличению числа лет с оптимальными показателями качества пшеницы.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, состав удобрения, дозы азота, погодные условия, технологические свойства зерна.

DOI: 10.31857/S0002188122050118

ВВЕДЕНИЕ

Качество пшеницы – комплексное понятие. На него влияют генетические свойства сорта, природно-климатические условия и технология возделывания растений, а именно: срок сева, норма высева, применение удобрений, средств защиты, срок и способ уборки. В Зауралье и Западной Сибири, как и в целом в России производят пока недостаточное количество продовольственной пшеницы [1–3]. В литературе приведено разнообразие свойств пшеницы в связи с сортом [4, 5] и нормой высева [6]. В ряде работ [7–9] отмечена положительная роль удобрений в улучшении качества пшеницы. Цель работы – изучить влияние удобрений и погодных условий на технологические свойства яровой мягкой пшеницы при бессменном возделывании после стерни.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено в Курганском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале УрФАНИЦ УрО РАН – в лабораториях агрохимии и земледелия в рамках Государственного задания Министерства науки и

высшего образования по теме “Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, рационального применения пестицидов и биопрепаратов, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия”.

Опыт с бессменной пшеницей заложен в 2000–2001 гг. на базе стационара с зернопропашным севооборотом кукуруза–пшеница–пшеница–овес, в котором в течение 7-ми ротаций (1971–1999 гг.) изучали действие удобрений при ежегодной вспашке. С конца 1990-х гг. в земледелии Курганской обл. стало распространяться возделывание пшеницы на стерневых фонах. Последние годы в области до 50% ее посевов размещено после оставленной с осени стерни. С 2001 г. в опыте был осуществлен переход от севооборота и вспашки к бессменному выращиванию пшеницы после стерни. Бессменную пшеницу в Курганском НИИСХ много лет исследовали как антипод

севооборотах, ее изучали на фоне вспашки. В зависимости от зоны области такой агрофон различался своей продуктивностью, которая была заметно больше в северо-западной зоне в лучших условиях увлажнения. В этом случае при внесении удобрений урожайность бессменной пшеницы при вспашке приближалась к сбору зерна после пара [10]. В центральной зоне области продуктивность бессменной пшеницы даже при вспашке существенно отставала от урожайности пшеницы после пара. Еще ниже оказались сборы зерна бессменной пшеницы после стерни. Например, в нашем опыте в годы севооборота и проведения вспашки 1-я и 2-я пшеница после кукурузы характеризовались урожайностью 16.8 и 15.8 ц/га в контроле и 22.6 и 20.8 ц/га на фоне N50P40. Продуктивность бессменной пшеницы после стерни снизилась в среднем до 9–10 ц/га без удобрений и до 15–16 при применении N40–60P20. Стоит сказать, что в опыте, заложенном рядом с зернопаровым севооборотом, который культивировали 7 ротаций при вспашке и 22 года без вспашки, продуктивность 3-й пшеницы после пара в условиях посева ее после стерни была такой же, как и бессменно выращиваемой после стерни.

Почва на участке опыта – выщелоченный чернозем маломощный малогумусный среднесуглинистый с содержанием гумуса в слое 0–20 см в контроле 4.5% и подвижных соединений (мг/кг): P_2O_5 – 40 (низкое), K_2O – 250–350 (высокое). Вносили фосфорное удобрение – аммофос, азотное – аммиачную селитру. Фактически внесенная под бессменную пшеницу доза фосфора была равна P20, но средневзвешенная с учетом оказываемого последствие суперфосфата P40, примененного в севообороте в суммарной дозе P1000, – P25. Удобрения врезали до посева сеялкой СЗ-3,6 на глубину 4 см. Исследование состава удобрения предусматривало сравнение одностороннего азотного удобрения в дозах N20–40–60 и применения этих доз на фоне P25.

Площадь делянки в м²: общая 270 (6 × 45), учетная 99 (2.2 × 45). Повторность вариантов трехкратная. Выращивали сорта пшеницы: Терция – в 2001–2011 гг., Зауралочка – в 2012–2020 гг. Оба сорта – из среднеспелой группы, они включены в список ценных пшениц. Пшеницу сеяли после оставленной с осени стерни стерневой сеялкой СКП-2,1 с сошником культиваторного типа. Учет урожая пшеницы вели напрямую комбайном Samro-500 с отбором образца для определения влажности и сорности бункерной массы зерна. Исследование вели в 2-х закладках – опыты 1 и 3. Результаты опыта 3 о качестве бессменной пшеницы при мелкой обработке почвы за период 2000–2014 гг. уже были опубликованы [11]. В настоящей статье представлены данные опыта 1, в котором повторные посевы пшеницы размещали после стерни в течение 2001–2020 гг.

Погодные условия за 20 лет исследования характеризовались 8-летней засухой при ГТК за май–август 0.30–0.80. В эти годы осадки июня снижались до 6–38 мм при среднем многолетнем показателе 51 мм [10]. Благоприятных по увлажнению было всего 5 лет, когда в главный период формирования урожая – июнь – выпадало 48–122 мм осадков.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективное плодородие изученного агроценоза более всего зависело от погодных условий периода вегетации, поскольку при засухе по сравнению с благоприятными годами урожайность снижалась в 3.8 раза в контроле и в 4.8 раза – на фоне N40P25. От удобрений в благоприятные годы урожайность пшеницы возрастала в 1.7–1.8 раза, в засушливые – в 1.3–1.5 раза и в среднем за 20 лет – в 1.3–1.7 раза. Экономически выгодным оказалось применение удобрений в дозе N40 на фоне P25. Качество зерна зависело от состава удобрения и дозы азота. Ценно, что содержание клейковинных белков в зерне $\geq 23\%$ за 20-летний период опыта отмечено в 65–75% лет наблюдений при внесении N40–60 и в 65–80% лет – на фоне внесения N40–60P25, в то время как в контроле и с применением N20P25 – лишь в 40% лет (табл. 1).

Масса 1000 зерен – очень важный элемент структуры урожая. Поскольку за 20 лет засуха повторилась 8 раз, масса 1000 зерен неоднократно опускалась до 19–23–24–25 г, повышаясь в годы с достаточным количеством осадков до 29–35 г. Один год (2016 г.) отличался поражением пшеницы стеблевой ржавчиной, когда масса 1000 зерен снизилась до 17–19 г. Сильнее были поражены хорошо удобренные растения. Положительное влияние удобрений на крупность зерна отмечено в варианте азотно-фосфорного удобрения N60P25 (табл. 2).

Натурная масса зерна соответствовала нормальному показанию 750 г/л в 80% лет в контроле и в 70% – на фоне N40–60P25. Поражение ржавчиной в 2015 г. и особенно в 2016 г. снижало натурную массу зерна до 627–742 г/л. В благоприятные годы ее величина повышалась до 806–830 г/л. Удобрения мало меняли этот показатель, в основном натурная масса пшеницы определялась условиями увлажнения периода вегетации.

Величина выхода муки, по имеющимся средним данным за 18 лет, была достаточно однородна в вариантах. Однако повторяемость 70%-ного выхода муки менялась в зависимости от удобрений от 61 до 89% лет. У более мелкого зерна в варианте N20P25 чаще повторялся выход муки, равный 70% (табл. 3).

Для содержания клейковины в муке нормой считается уровень 29–30%, что менее всего встре-

Таблица 1. Влияние удобрений на урожайность бессменной пшеницы и содержание в зерне клейковины (2001–2020 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га			Содержание клейковины в зерне, %		
	среднее	изменения	повторяемость результата 15 ц/га и более, % лет	среднее	изменения	повторяемость результата 23 и более, % лет
Контроль	9.9	4.8–18.3	10	21.2	13–33	40
N40	12.3	5.6–21.2	30	25.7	17–35	65
N60	12.0	4.2–22.1	20	27.8	19–36	75
N20P25	13.3	6.0–24.5	15	21.0	11–31	40
N40P25	15.6	6.3–30.6	40	25.4	14–37	65
N60P25	16.6	6.3–30.6	45	26.9	16–38	80
HCP ₀₅	1.2–3.2			1.2–2.3		

Таблица 2. Влияние состава удобрения и доз азота на физические свойства зерна пшеницы, 2001–2020 гг.

Вариант	Масса 1000 зерен, г			Натурная масса, г/л		
	среднее	изменения	повторяемость результата 29–30 г и более, % лет	среднее	изменения	повторяемость результата 750 г/л и более, % лет
Контроль	27.8	19–35	35	774	700–817	80
N40	27.6	19–36	40	776	687–826	85
N60	27.4	18–36	35	776	680–830	80
N20P25	26.6	20–36	40	778	694–825	85
N40P25	27.4	19–38	50	771	663–832	70
N60P25	28.9	17–38	65	770	627–833	70
HCP ₀₅	0.9			5		

чалось при внесении азота и фосфора в дозах N20P25 и гораздо чаще на фоне N60 без фосфора и в сочетании с ним. Стекловидность зерна не-удобренной пшеницы в среднем за 20 лет была равна 37%, варьируя от 9–12% во влажные годы и до 57–88% при недостатке влаги. На фоне удобрений средний показатель был больше – 46–53%. Стекловидность на уровне 50–60% повторилась за 20-летний период в 30% лет в контроле, 35% на фоне дозы N20P25 и 45–65% при внесении доз азота N40–60.

Реологические свойства клейковинных белков (растяжимость, упругость, эластичность) выражаются величиной деформации четырехграммового шарика клейковины от сжатия диском-грузиком в условных единицах прибора ИДК. При сопоставлении силы муки и показателя ИДК отмечено, что сила муки приближалась к норме для ценной пшеницы 200 единиц альвеографа (е.а.) при показателе ИДК в пределах 42–82 ед. Однако 4 года такую силу отмечали и при деформации клейковины, равной 90–102 ед. Показатель 200 е.а. заметно чаще повторялся в засушливые годы с ГТК за май–август 0.30–0.80 на фонах N40–60 с фосфором и без него. Малая доза азота

N20P25 оказывала положительное действие на урожайность пшеницы с прибавкой 3.4 ц/га, но для улучшения качества зерна она была недостаточной (табл. 4).

В оценке альвеограммы предусмотрен учет отношения упругости и растяжимости теста (р/л). Оптимальным считается отношение р/л в пределах 1–2, при котором в процессе брожения теста сбалансирована газообразующая способность с газоудерживающей, за счет чего пробный хлебец обычно имеет достаточную и равномерную пористость. В нашем эксперименте отношение р/л во влажные годы ухудшалось, повышаясь до 2.9–4.0.

В теплые засушливые годы хлебопекарные свойства пшеницы были выше. Объемный выход хлеба из 100 г муки достигал 745–935 мл, опускаясь до 405–650 мл в годы с достаточным увлажнением растений. Влияние удобрений на этот показатель, как и на силу муки, был слабее при применении первой из испытанных доз азота N20 с усилением действия дозы азота в диапазоне N40–60. Замечено, что с ростом урожайности от удобрений ослабевало их влияние на качество пшеницы. Например, при одностороннем азотном удоб-

Таблица 3. Влияние удобрений на выход муки и содержание клейковины в муке (2001–2020 гг.)

Вариант	Выход муки, %			Клейковина в муке за 20 лет, %		
	среднее	изменения	повторяемость* результата 70% и более, % лет	среднее	изменения	повторяемость результата 29– 30% и более, % лет
Контроль	67.5	67–88	72	26.8	18–36	35
N40	67.4	63–83	61	31.0	20–40	60
N60	67.3	64–78	67	31.6	25–41	70
N20P25	69.4	68–81	89	26.0	19–40	25
N40P25	67.8	66–79	67	28.3	19–42	60
N60P25	67.8	67–83	78	30.5	21–38	70
HCP ₀₅	2.1			1.5		

* Учтены данные за 18 лет, т.к. в один год в экстремальных условиях осени пшеница была убрана только весной (учет урожая сделан по снопам) и еще год помол вели на мельнице “Квадрат Юниор”, в остальные годы – на мельнице “Бюлера”.

Таблица 4. Действие удобрений на свойства теста и хлеба (2001–2020 гг.)

Вариант	Сила муки, е.а.			Объемный выход хлеба, мл		
	среднее	изменения	повторяемость* результата 200 е.а. и более, % лет	среднее	изменения	повторяемость результата 600 мл и более, % лет
Контроль	204	24–435	44	632	405–935	52
N40	247	46–467	67	687	460–885	79
N60	263	70–469	67	700	480–840	79
N20P25	186	34–438	33	609	415–925	58
N40P25	214	39–558	50	664	390–895	58
N60P25	223	51–402	67	665	415–890	58
HCP ₀₅	9			21		

рениии прибавки урожая от удобрений в 2–3 раза были меньше, чем от азота с фосфором, а повторяемость по годам более высокого объемного выхода хлеба составила 15 лет из 19-ти и 11 лет на фоне применения азотно-фосфорного удобрения. В среднем выход хлеба при показателе в контроле 632 мл увеличивался в вариантах с применением одного азота в дозах N40–60 на 55–68 мл и от тех же доз с фосфором – на 32–33 мл.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в опытах на Центральном опытном поле Курганского НИИСХ продуктивность повторных посевов пшеницы, выращиваемой на стерневом фоне, более всего определяли погодные условия. Урожайность зерна менялась в зависимости от погодных условий в 3.8–4.8 раза, от удобрений – в 1.3–1.7 раза. Качество пшеницы при бессменном возделывании после стерни также сильнее зависело от погодных условий, чем от удобрений. Например, содержание клейковины в

зерне в опыте варьировало от 11–19% в год поражения растений стеблевой ржавчиной до 31–38% в очень сухом 2012 году. Аналогичные изменения отмечены и для содержания клейковины в муке – от 18–25 до 36–42%. Удобрение N40–60P25 в среднем повышало накопление клейковины в зерне по сравнению с контролем на 4–5% в отличие от дозы N20P25, при которой содержание клейковинных белков и повторяемость его уровня $\geq 23\%$ оставались на уровне контроля. Ценно, что на фоне применения удобрений в дозах N40–60P25 снижалась зависимость формирования урожая и качества пшеницы от погодных условий; достижение содержания клейковины в зерне $\geq 23\%$ учащалось, повышаясь с 40% лет в контроле до 65–80% лет в вариантах применения удобрений.

Лучшие показатели свойств теста и хлеба относились к засушливым годам, когда запасы питательных веществ почвы и удобрений в большей мере расходовались не на урожайность, а на качество зерна. Одностороннее азотное удобрение слабее влияло на сбор зерна, но обеспечивало бо-

лее высокие показатели качества пшеницы. Например, сила муки на фоне внесения одного азота N40–60 в среднем была равной 247–263 е.а., с добавлением к этим дозам фосфора – 214–223 е.а. Повторяемость показателя силы муки 200 е.а. и более повышалась с 50% лет в контроле до 67% лет, если применяли одно азотное удобрение N40–60 или азотно-фосфорное N60P25. На фоне удобрения N20P25 отмечен самый низкий показатель силы муки – 186 е.а. и самая низкая частота достижения уровня ≥ 200 е.а. – 33% лет. Объемный выход хлеба на уровне ≥ 600 мл отмечен в 52% лет в контроле и в 79% лет при внесении одного азота в дозах N40–60. Эти же дозы, примененные совместно с фосфорным удобрением, сильнее действовали на урожайность пшеницы, а показатель объемного выхода хлеба 600 мл наблюдали только в 58% лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алтухов А.И.* Зерновое хозяйство и рынок зерна России в контексте реализации государственной программы развития сельского хозяйства // Эконом. сел.-хоз. и перерабат. предприятий. 2013. № 8. С. 7–13.
2. *Кошелев Б.С., Храмов И.Ф.* Основные направления эффективности зернового производства региона. Омск, 2008. 340 с.
3. *Волынкин В.И., Волынкина О.В.* Надежность получения качественного зерна при разных технологиях возделывания пшеницы в Курганской области // Научное обеспечение сельскохозяйственной отрасли в современных условиях. Ульяновск: Ульяновск. НИИСХ, 2016. С. 55–60.
4. *Масленко М.И.* Качество сортов яровой пшеницы в зависимости от фона питания // Наука и образование аграрного производства. Мат-лы регион. конф. молод. ученых. Тюмень, 2006. С. 43–46.
5. *Третьяков М.Ю., Солнцев П.И., Хорошилова Ю.В., Рыжкова Т.А., Шестопалова Н.Н.* Оценка влияния минеральных и органических удобрений на хлебопекарные свойства озимой мягкой пшеницы сорта Синтетик в условиях 2012–2013 гг. // Научн. обозрение, биол. науки. 2014. № 1. С. 124–125.
6. *Грабовец А.И., Бирюков К.Н., Фоменко М.А.* Сравнительная характеристика урожайности и количества белка в зерне сортов озимой пшеницы и тритикале на Дону // Земледелие. 2020. № 7. С. 25–28.
7. *Журавлев Д.Ю., Климова Н.Ф., Ярошенко Т.М., Пронько В.В.* Влияние минеральных удобрений на качество зерновых культур зернопарового севооборота на южных черноземах Поволжья // Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013–2020 гг. Всерос. коорд. совещ. Научн. учреждений – участников Геосети опытов с удобрениями. 16–17 апреля 2018 г. М.: ВНИИА, 2018. С. 86–91.
8. *Демина Е.А., Кинтаров А.И.* Взаимосвязи хозяйственно-ценных признаков яровой пшеницы на фоне современных удобрений и стимуляторов роста // Международ. журн. гуманитар. и естеств. наук. 2017. № 11. С. 69–74.
9. *Андреева Ю.С., Монастырский О.А., Ефремова В.В.* Качество продовольственного зерна озимой пшеницы в зерносеющих районах Российской Федерации // Современные методы, средства и нормативы в области оценки качества зерна и зернопродуктов. Сб. мат-лов 3-й Всерос. научн.-практ. конф. “Производство зерна в России” 6–10 июня. Анапа: КФ ФГБНУ ВНИИЗ, 2016. 135 с.
10. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Курганской области, монография. Куртамыш: ГУП “Куртамышская типография”, 2012. 494 с.
11. *Волынкин В.И., Волынкина О.В.* Влияние удобрений на технологические свойства зерна бессменной пшеницы в центральной лесостепи Курганской области // Агрохимия. 2015. № 11. С. 37–44.

Effect of Fertilizers and Weather Conditions on the Technological Properties of Spring Soft Wheat during Permanent Cultivation after Stubble

O. V. Volynkina

*Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
ul. Lenina 9, Kurgan region, Ketovsky district, p. Sadovoye 641325, Russia*

E-mail: volynkina.o@bk.ru

Compliance with the norm of the 3rd class of the complex of indicators of technological properties of spring soft wheat is an incentive for full grain processing. Observations of wheat quality have been carried out for 20 years in a stationary field experiment with a new technology of wheat cultivation – its permanent cultivation after stubble. This technology has spread in recent years in the agriculture of the Kurgan region. The quality indicators of grain, flour, dough and bread varied significantly both over the years and from fertilizers. Weather conditions influenced the properties of wheat more strongly. The variability of quality indicators in connection with the use of fertilizers was somewhat less. Higher indicators of grain protein content and properties of dough and bread were typical for dry years. Background with nitrogen-phosphorus fertilizer in doses of N40–60P25 contributed to an increase in the number of years with optimal wheat quality indicators.

Key words: spring soft wheat, fertilizer composition, nitrogen doses, weather conditions, technological properties of grain.