

УДК (631.82+633.16)(470.31)

ФОРМИРОВАНИЕ АГРОФИТОЦЕНОЗА ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛУБИНЫ И СПОСОБА ЗАДЕЛКИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

А. М. ТУЛИКОВ, В. П. СУТЯГИН*

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Установлено, что сорные растения эффективнее используют питательные вещества из удобрений при концентрации их в слое до 5 см, а ячмень — до 10—15 см. Преимущество в развитии имеют растения, у которых позиционная доступность элементов питания для корней наступает в более ранние фазы. Выявлено влияние глубины заделки удобрений на видовой состав сорняков.

Применение минеральных удобрений создает разнообразные экологические ситуации, в которых может увеличиваться или уменьшаться засоренность посевов [1, 2, 3, 4]. Основной причиной разнообразия создающихся условий в посевах является позиционная доступность минеральных удобрений, зависящая от способа и глубины их заделки. Исследованиями ряда ученых установлено, что локальное внесение минеральных удобрений гораздо эффективнее, чем разбросное [5, 6, 9]. В производственных условиях локально внести удобрения не представляется возможным из-за отсутствия соответствующих машин. Исследуя способы заделки удобрений, ученые пришли к выводу, что позиционную доступность минеральных удобрений можно регулировать с помощью машин и орудий уже существующих в технологических операциях культур [7, 8].

Минеральные удобрения являются мощным общепризнанным фактором повышения продуктивности сельскохозяйственного производства. Однако эффективность их применения остается актуальной проблемой, поскольку она зависит от множества

внутренних и внешних условий, в том числе от глубины и способа заделки минеральных удобрений. Вопросы их эффективного использования приобрели особую остроту в последнее десятилетие в связи со снижением их поставок сельскому хозяйству. Минеральные удобрения оказывают существенное влияние на формирование агроценоза не только в результате изменения нормы внесения. Их эффективность зависит от других факторов, так как распределение корней по пахотному горизонту и размещение удобрений по слоям почвы имеют множество вариантов [3, 6, 9~12]. В нашей работе мы пытались выяснить зависимость урожая ячменя от способов заделки удобрений и влияние последних на все растительное сообщество.

Методика

Для выявления позиционной доступности минеральных удобрений и ее влияния на культурные и сорные растения с 1976 по 1991 г. была заложена серия мелкоделяночных и стационарных опытов. Анализ литературных источников показал, что удобрения при обработке почвы заделываются на глубину 5, 10, 20 см. Поэтому в серии

* Тверская ГСХА.

мелкоделяночных опытов была выбрана следующая градация глубины заделки удобрений: 1) контроль — без внесения удобрений (0); 2) поверхностное экранирование удобрений перед посевом (Э-0); 3) заделка удобрений экраном на глубину 5 см (Э-5); 4) заделка удобрений экраном на глубину 10 см (Э-10); 5) заделка удобрений экраном на глубину 20 см (Э-20); 6) перемешивание минеральных удобрений со слоем почвы 5 см (П-0-5); 7) перемешивание удобрений со слоем почвы 10 см (П-0-10); 8) перемешивание удобрений со слоем почвы 20 см (П-0-20). Для внесения удобрений на глубину 5, 10 и 20 см почву извлекали на указанную глубину, вносили удобрения (экранировали) и возвращали ее соответствующими слоями на место. При перемешивании удобрений почву извлекали до соответствующей глубины, перемешивали ее с удобрениями и укладывали на место. Норма минеральных удобрений — 120N120P120K, в разные годы вносили нитроаммофоску или эквивалентную смесь простых удобрений. Однофакторные мелкоделяночные опыты закладывали методом латинского прямоугольника в 4-кратной повторности с размером каждой делянки 1,69 м², учетной площадки — 1 м².

С 1987 по 1991 г. исследования влияния способов и глубины заделки минеральных удобрений проводили в стационарных 2-факторных опытах, в задачу которых входило: 1) изучение распределения NPK по пахотному горизонту в звене севооборота: пар занятый (смесь гороха с овсом) — озимая рожь — ячмень; 2) установление влияния удобрений на формирование агроценозов; 3) определение влияния звена севооборота на свойства почвы и продуктивность пашни. Варианты заделки минеральных удобрений: 1) осенью вразброс под зяблевую вспашку (NPK зябь); 2) весной вразброс под предпосевную культивацию (NPK

культивация); 3) локальное внесение удобрений перед посевом сеялкой на глубину 10 см (NPK 10 см); 4) локальное внесение удобрений перед посевом сеялкой на глубину 5 см (NPK 5 см); 5) внесение удобрений вразброс под весновспашку (NPK вспашка) (1987-1988 гг.); 6) контроль без удобрений с 1989 г. вместо 5-го варианта (NPK-0); 7) поверхностное внесение удобрений без заделки перед посевом (NPK поверхностно).

Норма внесения азота, фосфора и калия составляла по 130 кг/га д.в. Было заложено два 2-факторных стационарных опыта по единой схеме, где в одном опыте звено севооборота занятый пар — озимая рожь — ячмень было развернуто во времени, а в другом — во времени и в пространстве, что позволило сократить продолжительность исследований. Первый опыт закладывали методом расщепленных делянок с размером делянок первого порядка (удобрения) 160 м², второго порядка (гербициды) — 80 м². Второй опыт заложен методом рендомизированных повторений с размером учетных площадок 108 м². Оба опыта заложены в 4-кратной повторности.

В данной работе рассматриваются вопросы эффективности использования удобрений в посевах ячменя. Контроль за формированием агроценоза проводили три раза за вегетацию: в фазу кущения ячменя, в фазу выхода в трубку и при полном созревании ячменя.

Результаты исследований

Внесение минеральных удобрений разными способами и размещение их на разную глубину оказали существенное влияние на засоренность посевов ячменя. Уже ко времени кущения ячменя применение минеральных удобрений повысило надземную массу сорняков в 2—4 раза, причем наибольшая засоренность наблюдалась в вариантах с внесением удобрений на глубину не более 5 см (табл. 1).

Таблица 1

Динамика сухой надземной массы сорняков в посевах ячменя в среднем за 1977-1983 гг. (г/м²)

Вариант	Фаза ячменя		
	кущение	выход в трубку	полная спелость
О	12,3	41,4	93,0
Э-0	21,4	81,1	143,3
Э-5	37,6	81,5	121,4
Э-10	19,9	53,8	131,8
Э-20	22,1	62,8	110,8
П-0-5	29,0	64,0	113,3
П-0-10	21,7	60,7	109,9
П-0-20	17,5	54,8	102,6
Доверит.	4,6	10,0	10,4
интервал ±			

Действие глубины заделки NPK на засоренность посевов в разные годы было существенно различным. Так, во влажные годы (1976, 1978, 1983) засоренность посевов к середине вегетационного периода была выше при поверхностном внесении минеральных удобрений, тогда как в годы умеренного и недостаточного увлажнения — при внесении NPK экраном на глубину 5 см и при перемешивании их со слоем 5 и 10 см. В среднем за 7 лет исследований повышение уровня засоренности посевов в фазу выхода в трубку — колошение ячменя наблюдалось при поверхностном (Э-0) внесении NPK и заделке их на глубину 5 см (Э-5). Подобная тенденция устойчиво сохранялась до уборки ячменя. В годы с недостатком влаги и повышенной температурой воздуха в начале вегетации достаточно высокий уровень засорения посевов наблюдался при глубокой заделке NPK (Э-20). Это объясняется опережающим развитием корневой системы сорняков, которые раньше культурных растений достигают мест локализации удобрений.

С целью более детального выяснения позиционной доступности минеральных удобрений в 1981-1983 гг. с

каждого варианта были отобраны сорные растения для химического анализа в сроки, соответствующим фазам развития ячменя: всходы (1у), полные всходы — начало кушения (2у), начало кушения — полное кушение (3у), конец кушения — начало выхода в трубку (4у), перед уборкой (5у). Как показывают данные табл. 2, в фазу всходов сорные растения имели более высокое содержание азота при внесении NPK на глубину 5 см (Э-5) и поверхностно (Э-0). В вариантах Э-20 и П-0-20 в сорных растениях азота содержалось меньше и приближалось к уровню варианта без внесения удобрений.

По мере роста сорняков содержание азота в надземной части сорных растений снижалось. В фазу полного кушения ячменя (3у) наибольшее содержание азота в сорняках наблюдалось при внесении удобрений в слой почвы 10 см (Э-10) и с перемешиванием их с этим слоем (П-0-10). В фазу выхода в трубку ячменя показатель снижался до 2,8%. Максимальное содержание азота в сорных растениях отмечалось в вариантах с внесением удобрений на глубину 10 см (Э-10). Отсюда следует, что со временем корневая система растений постепенно проникает в более глубокие слои почвы, достигая размещенных в них минеральных удобрений, и использует питательные вещества из более глубоких горизонтов почвы.

Аналогичные тенденции наблюдались и в изменении содержания калия в сорных растениях в разные фазы, но с некоторым замедлением его поступления в начальные фазы развития сорняков (табл. 2).

Таким образом, при разноглубинном внесении удобрений создается разная позиционная доступность элементов питания из минеральных удобрений для сорных растений. Корреляционный анализ позволил выявить тесную прямую зависимость между

Влияние удобрений на содержание азота (числитель) и калия (знаменатель) в сорняках (%). (Среднее 1981-1983 гг.)

Вариант	Срок учета			
	1у	2у	3у	4у
О	2,6/2,7	2,7/3,1	2,2/2,6	2,1/1,9
Э-0	3,9/3,5	3,5/3,1	3,0/2,7	2,5/2,3
Э-5	4,3/4,0	3,8/4,0	3,1/3,6	2,5/2,9
Э-10	3,3/3,8	3,6/3,8	3,1/3,4	2,7/2,9
Э-20	2,8/3,0	2,3/2,4	2,0/2,1	1,9/2,1
П-0-5	3,5/3,6	3,0/3,4	2,7/2,8	2,2/2,3
П-0-10	3,4/3,5	3,1/3,4	2,8/3,2	2,4/2,3
П-0-20	2,5/3,1	2,3/2,5	1,9/2,3	1,4/2,1

содержанием в сорняках элементов питания в начальные фазы роста и их массой в конце вегетации ($R = 0,80-0,95$). Следовательно, преимущество в росте и развитии получают сорняки в тех вариантах, где позиционная доступность элементов питания из удобрений лучше в начальные фазы роста и развития.

Глубина и способ заделки минеральных удобрений оказали существенное влияние на рост и развитие ячменя. Большинство лет исследований более эффективным было внесение NPK в почву не глубже 10 см, менее эффективным — на глубину 20 см или же при перемешивании их с этим слоем. В среднем за 8 лет наибольшая прибавка урожая ячменя (11,3 и 12,8 ц/га) была получена в вариантах с внесением NPK на глубину 10 см и при перемешивании их со слоем 0-10 см (рис. 1).

Использование ячменем элементов питания из минеральных удобрений неодинаковое. В большей степени использовался азот (коэффициент около 32%), фосфора — в 2-3 раза меньше, еще меньше — калий (рис. 2).

Корреляционный анализ зависимости между использованием NPK ячменем и его урожайностью позволил выявить существенную связь: $R = 0,95-0,97$ и среднюю степень зависимости от выноса фосфора и калия

($R = 0,45-0,60$). Следовательно, определяющим фактором эффективности использования питательных веществ и параметров урожайности ячменя в условиях центральных районов Нечерноземной зоны является позиционная доступность азотных удобрений.

Исследования позволили установить критический период в потреблении элементов питания ячменем в зависимости от глубины заделки удобрений. Данные химического анализа растений ячменя, выполненного в разные фазы развития культуры в 1981-1984 гг., показывают, что наибольшее содержание азота в фазу входов отмечено при заделке минеральных удобрений на глубину 10 см, несколько меньше — при их поверхностном внесении на глубину 5 см и минимальное содержание — при перемешивании NPK со слоем почвы 0-10 см (табл. 3).

Данные о содержании азота в сорных растениях (табл. 2) и в растениях ячменя (табл. 3) позволили установить общую закономерность влияния позиционного размещения в почве удобрений на их доступность и эффективность: опережающие рост и развитие имели растения в тех вариантах, в которых элементы минерального питания растений начинали использовать в более ранние фазы. Важно отметить также, что и качество зер-

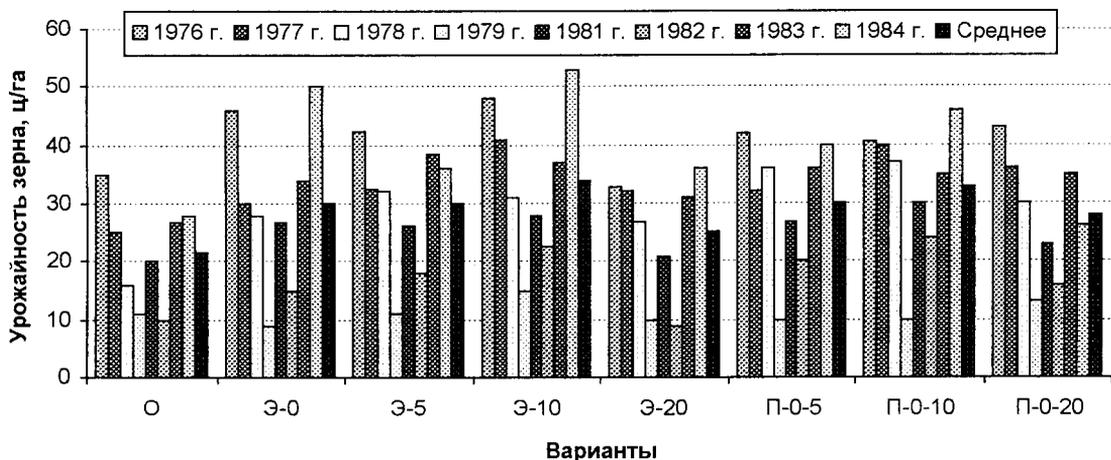


Рис. 1. Влияние глубины заделки удобрений на урожайность ячменя

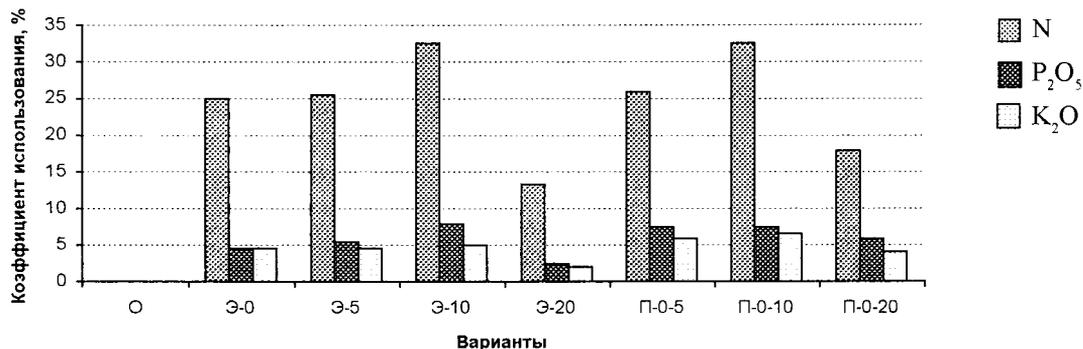


Рис. 2. Коэффициент использования ячменем азота, фосфора и калия из удобрений (%)

на было выше именно в этих вариантах, поскольку количество белка в зерне рассчитывают по азоту. Изменения содержания калия в растениях ячменя по фазам роста было идентично изменению количества азота по вариантам. В фазу всходов (1у) калия в растениях содержалось существенно больше в вариантах с экранированием и перемешиванием минеральных удобрений на глубину до 10 см. При поверхностном (П-0) внесении минеральных удобрений становятся доступными только в фазу начала кущения — полное кущение (3у), а при заделке удобрений на 20 см (Э-20) за-

держивается доступность их до начала выхода в трубку (4у).

Корреляционный анализ урожайности зерна ячменя и содержания в нем элементов питания по фазам роста показал тесную зависимость между обсуждаемыми параметрами. Так, коэффициент корреляции между содержанием азота в фазу всходов и урожайностью ячменя составил 0,83 — 0,91, в фазу кущения — 0,34 — 0,62, а по калию — 0,77 — 0,78 и 0,91 — 0,92 соответственно. Отсюда следует, что позиционная доступность азота для ячменя в фазу всходы — кущение определяет уровень его урожайности,

Содержание азота (числитель) и калия (знаменатель) в растениях ячменя по фазам роста (%)

Вариант	Фаза ячменя				
	1у	2у	3у	4у	5у
О	2,5/3,6	3,0/2,9	3,3/3,4	2,7/3,2	2,7/3,9
Э-0	5,0/3,7	3,5/3,4	3,0/4,4	2,7/3,8	3,6/3,3
Э-5	5,2/4,7	4,4/3,5	4,1/4,1	3,3/3,4	5,4/5,1
Э-10	5,5/4,7	4,8/4,4	4,7/5,0	3,6/4,0	3,1/6,0
Э-20	3,8/3,6	3,5/2,7	3,2/3,9	4,0/3,9	3,2/5,5
П-0-5	4,6/4,4	3,5/3,1	3,0/3,9	3,2/3,4	3,5/5,5
П-0-10	4,6/4,3	4,7/3,6	4,3/4,6	3,6/3,9	2,5/4,7
П-0-20	3,7/3,6	3,3/2,5	2,8/3,8	3,1/3,4	3,3/4,7
Довер. интервал ±	0,7/0,3	0,5/0,4	0,5/0,3	0,3/0,2	0,6/0,6

а калий более необходим в фазу ку- щения.

Результаты исследования в ста- ционарных опытах имели такую же тен- денцию, что и в мелкоделячных: увеличение засоренности ячменя в вариантах с заделкой удобрений в слой почвы до 5 см и повышение уро- жайности зерна при концентрации элементов питания в слое почвы до 10–15 см (табл. 4, 5). При этом глуби- на обработки почвы не соответствует глубине размещения удобрений. На- пример, при разбросном внесении

НРК под вспашку почвы плугом без предплужников удобрения оказыва- ются на глубине 5–15 см, а при раз- бросном внесении под предпосевную культивацию на глубину 10 см куль- тиватором с пружинными лапами ос- новная их часть обнаруживается в слое почвы 0-5 см. Наиболее четко данные закономерности прослеживаются в пер- вый год закладки опытов. В последую- щие годы в результате глубокой обра- ботки почвы происходит перемешива- ние пахотного горизонта и накопление фосфора и калия не соответствует глу- бине обработки почвы.

Таблица 4

Накопление сырой массы сорняков в посевах ячменя (г/м²) в зависимости от способов заделки минеральных удобрений

Вариант	В начале вегетации	Перед уборкой
Под зяблевую вспашку	257,8	649,2
Под предпосевную культивацию	307,3	1087,1
Сеялкой на глубину 10 см	309,1	1543,6
— » — 5 см	311,8	997,2
Под весновспашку	393,3	1200,0
Без удобрений	215,3	415,2
Поверхностно	330,2	1098,5
Доверит. интервал ±	41,4	273,5

Анализ флористического состава сорных растений позволил устано- вить, что в посевах преобладали ма- лолетние виды сорняков, а многолет- ние составляли 2-5%. Доминирующи- ми видами малолетних сорняков были: редка дикая (*Raphanus raphanistrum* L.), пикульник красивый (*Galeopsis speciosa* Mill.) и обыкновенный (*G. Tetrahit* Mill.), ромашка непахучая (*Matricaria perforata* Merat), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr). Отме- чается идентичность реакции домини- рующих видов сорняков на глубину и способы заделки минеральных удоб- рений. Тем не менее удалось устано- вить, что редька дикая, пикульники, ромашка непахучая интенсивнее ре-

Влияние глубины заделки минеральных удобрений на урожайность ячменя (ц/га)

Вариант	Год исследований				
	1988 (оп. 1)	1989 (оп. 1)	1989 (оп. 2)	1990 (оп. 1)	среднее
Под зяблевую вспашку	12,1	9,5	11,5	30,8	16,0
Под предпосевную культивацию	15,0	10,4	12,4	34,5	18,1
Сеялкой на глубину 10 см	10,9	10,4	13,1	37,6	18,0
— » — 5 см	13,7	11,1	13,6	32,5	17,7
Под весновспашку	13,1	—	—	—	13,1
Без удобрений	—	8,2	9,0	24,4	13,9
Поверхностно	14,2	10,7	12,3	36,2	18,4
НСР ₀₅	1,2	1,3	0,9	5,1	1,8

агируют на поверхностное внесение минеральных удобрений и другие способы, способствующие концентрации элементов питания в слое почвы 0-

5 см, марь белая — при перемешивании со слоем 0-5 и 0-10 см. Лютик ползучий слабее развивается, если элементы питания находятся в верхнем слое почвы. В вариантах без внесения удобрений и глубокой их заделки под вспашку лютик ползучий накапливает большую надземную массу, способную существенно влиять на урожайность культур.

Данные табл. 5 по двум стационарным опытам показывают, что в посевах ячменя эффективнее было внесение НРК вразброс под предпосевную культивацию, локально сеялкой на глубину 10 см и разбросное внесение поверхностно до посева.

Значительное влияние на эффективность глубины заделки удобрений оказывают климатические факторы. Установлено, что продуктивность ячменя в большей мере определяется осадками в I и III декадах мая, чем температурой воздуха, причем в исследуемые годы осадки в первой половине мая отрицательно влияли на урожайность ячменя, а во второй — положительно. В вариантах без внесения минеральных удобрений или при увеличении глубины их заделки до 20 см

наблюдалось повышение чувствительности ячменя к метеоусловиям.

Выводы

1. В посевах ячменя при внесении удобрений поверхностно или экраном на глубину 5 см повышается уровень их засорения на 10-25% по сравнению с другими способами их заделки и на 40% по сравнению с вариантами без удобрений.

2. Наиболее высокую прибавку урожайности зерна ячменя обеспечивает внесение удобрений на глубину до 10 см или перемешивание их с этим слоем. В формировании агроценоза ячменя распределение минеральных удобрений по пахотному горизонту является доминирующим фактором, поскольку ячмень использует элементы питания из более глубоких слоев почвы, чем сорняки.

3. Глубоко экраном размещение удобрений на 20 см или перемешивание их с этим слоем во все годы исследований не оказывали существенного влияния на урожайность культуры.

4. Чем раньше корневая система ячменя достигает зоны размещения минеральных удобрений, тем выше коэффициент использования из них элементов питания культурой.

5. Сорные растения составляют серьезную конкуренцию культурным

растениям в потреблении элементов питания. В начале вегетационного периода из агроценоза ячменя сорняки выносят от 18 до 26% азота, от 23 до 31% фосфора и от 36 до 45% калия.

6. Глубина и способы заделки минеральных удобрений оказывают существенное влияние на видовой состав сорного компонента агроценозов. Виды пикульников, звездчатка средняя, ромашка непахучая, незабудка полевая положительно реагируют на поверхностное внесение NPK и при их размещении на глубину до 5 см. Растения мари белой накапливают большую надземную массу при внесении удобрений в слой почвы 5–10 см. В вариантах без удобрений, как и глубокое их размещение, преимущественное развитие получает лютик ползучий, тогда как увеличение концентрации элементов питания в верхнем слое почвы приводит к снижению его надземной массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баздырев Г. И. Сорные растения и борьба с ними в современном земледелии. М.: МСХА, 1993. — 2. Воробьев С. А. Севообороты интенсивного земледелия. М.: Колос, 1979. — 3. Туликов А. М. Сорные растения и борьба с ними. М.: Московский рабочий, 1982. — 4. Гилис М. Б. Влияние локального внесения удобрений на рост корней и прикорневую микрофлору. — Способы внесения удобрений. Науч. тр. ВАСХНИЛ, 1976, с. 41-46. — 5. Ка-

ликинский А. А., Вильгуш И. Р., Камаевская В. М. Эффективность минеральных удобрений при внесении их рабросными способами под люпин и кукурузу в зависимости от плодородия почв. — *Агрохимия*, № 12, 1989, с. 32-35. — 6. Тарарико Н. Н., Витроховский П. И. Влияние удобрений в зависимости от доз и способов распределения их в почве на продуктивность овса и использование им азота и фосфора. — *Агрохимия*, № 3, 1984, с. 36-39. — 7. Булаев В. С., Медведев С. С. Распределение удобрений по профилю почвы при обработке ее разными орудиями. — *Агрохимия*, № 2, 1977, с. 28-30. — 8. Булаев В. С. Способы внесения удобрений. — Науч. тр. ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1976, с. 5-9. — 9. Туликов А. М., Сутягин В. П. Некоторые закономерности изменчивости состава и продуктивности агрофитоценозов ячменя и кукурузы под влиянием различных способов внесения минеральных удобрений. № гос. регистрации 76094287, Б. 842368, 1.04.80. — 10. Прозоров А. С. Эффективность удобрений при локальном внесении. — *Вестн. с.-х. науки*, № 6, 1989, с. 84-89. — 11. Трапезников В. К., Иванов И. И., Тальвинская Н. Г. Локальное питание растений. Уфа: Гилем, 1999. — 12. Вильдфлуш И. Р. Локальное внесение удобрений — одно из главных средств рационального и экономного использования минеральных удобрений. — *Агрохимия*, № 10, 1996, с. 132-144.

Статья поступила
23 июля 2003 г.

SUMMARY

It has been found that weeds use nutrients from fertilizers more efficiently when they are concentrated in layer up to 5 cm, and barely — up to 10~15 cm. Plants in which positional availability of fodder elements for roots comes in earlier places have advantage in development. Effect of depth of covering fertilizer on species composition of weeds has been found.